



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV INFORMATIKY

INSTITUTE OF INFORMATICS

**VYUŽITÍ UMĚLÉ INTELIGENCE JAKO PODPORY PRO
ROZHODOVÁNÍ V PODNIKU**

THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR DECISION MAKING IN THE FIRM

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. David Šlemenda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Petr Dostál, CSc.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav informatiky
Student: **Bc. David Šlemenda**
Studijní program: Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Informační management
Vedoucí práce: **prof. Ing. Petr Dostál, CSc.**
Akademický rok: 2020/21

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

Využití umělé inteligence jako podpory pro rozhodování v podniku

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Vymezení problému a cíle práce
Teoretická východiska práce
Analýza problému a současné situace
Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení
Závěr
Seznam použité literatury
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Diplomová práce se zabývá využitím umělé inteligence pro podporu rozhodování v podniku. Řešení bude používat programové prostředí MATLAB.

Základní literární prameny:

DOSTÁL, P. Advanced Decision Making in Business and Public Services. Brno: CERM, 2011. 168 s. ISBN 978-80-7204-747-5.

DOSTÁL, P. Pokročilé metody rozhodování v podnikatelství a veřejné správě. Brno: CERM, 2012. 718 s. ISBN 978-80-7204-798-7.

HANSELMAN, D. a B. LITTLEFIELD. Mastering MATLAB. Pearson Education International Ltd., 2012. 852 s. ISBN 978-0-13-185714-2.

MAŘÍK, V., O. ŠTĚPÁNKOVÁ a J. LAŽANSKÝ. Umělá inteligence. Praha: ACADEMIA, 2013. 2473 s.
ISBN 978-80-200-2276-9.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21

V Brně dne 28.2.2021

L. S.

Mgr. Veronika Novotná, Ph.D.
ředitel

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá vytvořením automatického obchodního systému pro trh s cizími měnami s použitím umělé inteligence a prvky technické analýzy. Ve vlastním návrhu řešení je nejprve pomocí fuzzy logiky vybrána vhodná brokerská společnost pro obchodování a testování. Pro výběr měnových párů pro testování strategie je použito shlukování pomocí samo-organizující se mapy. Konkrétní AOS je vytvořen v platformě MetaTrader 4 s využitím programovacího jazyka MQL4 a knihovny FANN pro tvorbu umělých neuronových sítí.

Abstract

Diploma thesis deals with the creation of an automated trading system for foreign exchange market with the usage of artificial intelligence and elements of technical analysis. In the custom solution design a brokerage company for trading and backtesting is selected with the help of fuzzy logic. For selecting currency pairs for backtesting the strategy on is used method of clustering called self-organizing map. The particular ATS is created in MetaTrader4 platform with the usage of a programming language MQL4 and a FANN library for creating artificial neural networks.

Klíčová slova

Forex, technická analýza, umělá inteligence, umělé neuronové sítě, obchodování

Keywords

Forex, technical analysis, artificial intelligence, artificial neural networks, trading

Bibliografická citace

ŠLEMENDA, David. *Využití umělé inteligence jako podpory pro rozhodování v podniku*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131809>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav informatiky. Vedoucí práce Petr Dostál.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušil autorská práva (ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne 16.05.2021

.....

podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu mé diplomové práce panu prof. Ing. Petru Dostálovi, CSc. za velmi odborné rady, které mi poskytl při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval své rodině a přátelům za podporu při psaní diplomové práce.

Obsah

ÚVOD.....	11
CÍLE PRÁCE, METODY A PODMÍNKY ZPRACOVÁNÍ	12
1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE	13
1.1 Obchodování	13
1.1.1 Intradenní obchodování	14
1.1.2 Swingové obchodování.....	14
1.1.3 Scalping	14
1.2 Automatický obchodní systém.....	15
1.2.1 Plně automatický obchodní systém.....	15
1.2.2 Poloautomatický obchodní systém	15
1.3 Finanční trh	16
1.3.1 Peněžní trh	17
1.3.2 Kapitálový trh	17
1.3.3 Trh s cizími měnami	18
1.3.4 Trh drahých kovů.....	19
1.4 Analýza trhu	19
1.4.1 Technická analýza.....	19
1.4.2 Fundamentální analýza	23
1.4.3 Psychologická analýza.....	24
1.5 Fuzzy logika	24
1.6 Neuronové sítě	26
1.7 Genetické algoritmy	30
1.8 Programová prostředí	31
1.8.1 MS Excel.....	31

1.8.2	MATLAB.....	32
1.8.3	MetaTrader.....	32
1.9	Shrnutí teoretické části.....	33
2	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	34
2.1	Trh s AOS	34
2.2	SLEPT analýza Eurozóny	34
2.3	SLEPT analýza Severní Ameriky	37
2.4	SLEPT analýza Oceánie.....	40
2.5	SLEPT analýza Japonska	43
2.6	SLEPT analýza Velké Británie	46
2.7	SLEPT analýza Švýcarska	48
2.8	Shrnutí SLEPT analýz.....	51
2.9	Význam použití umělé inteligence při tradingu	52
2.10	Používané brokerské společnosti.....	53
2.10.1	Interactive Brokers.....	53
2.10.2	XTB	54
2.10.3	OANDA.....	56
2.11	Shrnutí analýzy současného stavu	57
3	VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ	58
3.1	Výběr brokera.....	58
3.2	Výběr platformy	62
3.3	Výběr měnových párů	63
3.4	Výběr časového rámce	69
3.5	Představení knihovny FANN	69
3.6	Prerekvizity použití systému	70
3.7	Popis strategie	70

3.8	Použití strategie	77
3.9	Testování na jiných měnových párech	82
3.10	Zhodnocení navržené strategie	88
3.11	Shrnutí vlastního návrhu řešení	91
ZÁVĚR		92
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ		94
SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ		99
SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK		100
SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ		102
SEZNAM POUŽITÝCH VZORCŮ		103
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK		104
SEZNAM PŘÍLOH		105

ÚVOD

Dnešní doba je velice riziková, a to nejen ze zdravotního ale i z finančního hlediska, jelikož celý svět svíjí globální pandemie corona viru Covid-19, což způsobilo mnohé neblahé důsledky v podobě zvýšení nezaměstnanosti oproti normálu a zkrachování či zhoršení situace mnoha společností z důvodu ekonomických problémů. Právě proto je problematika, kterou se má diplomová práce zabývat, velice aktuální a důležité téma.

Každý by chtěl mít takzvaný pasivní příjem, čehož je možné docílit právě pomocí aplikování automatického obchodního systému na finančních trzích, což může udělat téměř každý, a právě tím se má diplomová práce zabývat. Po jednorázové investici by kvalitní obchodní systém měl společnosti, podnikatelovi či komukoliv, kdo ho bude používat, přinést zisk.

V práci také využívám novodobé a velice aktuální témata a metodiky ohledně spojení obchodování na finančních trzích a umělé inteligence, což by mělo přinést mnohé nové poznatky ohledně dané problematiky a doufejme, že i lepší výsledky, nežli automatické obchodní systémy vykazují bez využití umělé inteligence.

Poznatky ohledně různých oblastí umělé inteligence jsou jednoznačně vysoce prakticky použitelné, a to nejen pro finanční trhy, ale i pro mnohé další oblasti. Ale právě oblast využití AI v součinnosti s trhem cizích měn je velice aktuální a jednoznačně na růstovém trendu, a právě proto jsem si zvolil takovéto téma pro svou diplomovou práci.

CÍLE PRÁCE, METODY A PODMÍNKY ZPRACOVÁNÍ

Hlavním cílem diplomové práce je vytvoření automatického obchodního systému pro Forex za pomoci metod umělé inteligence a technické analýzy za účelem zhodnocování kapitálu společnosti či podnikatele.

Mezi dílčí cíle práce, které by měly pomoci splnit vytyčený hlavní cíl, patří:

- Zvolení vhodného brokera
- Zvolení vhodných měnových párů
- Návrh strategie za pomoci umělé inteligence a technické analýzy

Práce je rozdělena na tři části. První částí jsou teoretická východiska práce, druhou částí je analýza současného stavu a třetí částí je vlastní návrh řešení.

V první části, která se týká teoretického zpracování podkladů pro další řešení práce se řeší hlavně teorie, ze které dále vycházím v analýze současného stavu situace a také ve vlastním návrhu řešení. Jedná se zejména o vysvětlení teoretických pojmů ohledně obchodování, finančních trhů (důraz na trh cizích měn), technické analýzy, fundamentální analýzy, psychologické analýzy, fuzzy logiky, umělých neuronových sítí a genetických algoritmů.

Druhá sekce diplomové práce se zabývá popisem obecné ekonomické situace v nynějším světě a na finančních trzích, což může a rozhodně také ovlivňuje rozhodování v podniku. Jsou zde popsány všechny země, které mají jako svou národní měnu jednu z hlavních měn, za pomoci SLEPT analýz. Nakonec této části jsou uvedené a popsány příklady nejpoužívanějších brokerů.

Třetí část se zabývá vlastním konkrétním návrhem řešení a zpracováním již skutečného automatického obchodního systému. Jsou zde aplikovány metody fuzzy logiky pro výběr vhodného brokera, použito shlukování pomocí SOM měnových párů podle podobnosti, a nakonec utvořena strategie pomocí indikátoru Heiken Ashi a neuronových sítí vytvořených pomocí knihovny FANN (fann2mql) aplikované v MT4.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

Část práce zaměřená na teoretická východiska popisuje zejména fakta a pojmy, ze kterých se v práci dále vychází, a které pomáhají ke zpracování vlastního návrhu řešení a analýze současné situace, jakožto třetí a druhé části práce.

Jedná se zejména o pojmy z teorie ohledně obchodování, metod rozhodování, finančních trhů, fuzzy logiky a umělé inteligence.

1.1 Obchodování

Obchodování je základním druhem činnosti všech traderů, spekulantů či investorů. Definice je naprosto prostá, jedná se o prodej, nákup či výměnu prostředků při směně. Pokud mluvíme přímo o finančních trzích, tak zde se obchodují hlavně akcie, měny, deriváty či komodity jako je například zlato či ropa (8).

Slovníček a vysvětlení několika základních pojmů týkajících se obchodování:

- **Spekulant** – člověk, který nakupuje na finančním trhu za účelem prodat se ziskem. Zaměřuje se na krátkodobý profit, a ne na dlouhodobé investice.
- **Investor** – obchoduje za účelem zisku v dlouhodobém měřítku.
- **Broker** – také makléř, zprostředkovatel směny za poplatek
- **Bid** – nabídková cena
- **Ask** – poptávková cena
- **Pip** – nejmenší bodová jednotka obchodu, číslo na čtvrtém nebo pátém desetinném místě měnového páru, používá se na forexu.
- **Lot** – základní standardizovaná objemová jednotka, používá se jako 100 000 jednotek základní měny
- **Likvidní trh** – trh, na kterém se velmi často obchoduje, ve velké frekvenci, zajišťuje okamžitou realizace příkazů.
- **Volatilita** – nestálost, sklon trhu k ostrému klesání či stoupání

- **Finanční páka** – používá se menší objem vlastního kapitálu doplněný o větší objem cizího kapitálu (např. od brokera), možné vyšší zisky, ale i vyšší ztráty, páky typu 1:10, 1:20 až 1:30 například.
- **Long** – nákupní (buy) pozice
- **Short** – prodejní (sell) pozice
- **Stop loss** – čas, kdy se samovolně ukončí trade při ztrátě, aby nevznikla vyšší
- **Take profit** – čas, kdy se samovolně ukončí trade při zisku
- **Trailing stop** – stop loss, který se posouvá pro zaručení vyššího zisku (1, 2, 3, 4)

1.1.1 Intradenní obchodování

Neboli také daytrading či denní obchodování je styl tradingu, kdy se obchodník zaměřuje na obchody, které trvají jeden den. Jinými slovy se jedná o styl obchodování, kdy se nedrží otevřené pozice přes noc, ale ukončí se každý den.

Pro úspěšné obchodování tímto způsobem je důležité, aby trh byl likvidní a volatilní. Day-trader by si měl umět také dobře vybrat čas, kdy obchodovat, aby si něco vydělal. Důležité je tedy znát obchodní hodiny a začátky hlavních obchodních seancí (1, 4).

1.1.2 Swingové obchodování

Jedná se o styl obchodování, kdy se obchodník zaměřuje na delší časové úseky než v intradenním obchodování, ale zároveň se nesoustředí na velmi dlouhodobé investice. Pokud se swingový trader zaměřuje na obchodování s použitím hodinového grafu, nejčastěji drží pozice den či několik dní, pokud se zaměřuje na delší časové intervaly, může pozice držet až několik týdnů či měsíců (1, 7).

1.1.3 Scalping

Základem této strategie je často vytvoření velkého množství obchodů, které trvají řádově několik sekund či minut, z toho plyne, že pro takovéto obchodování se nejčastěji využívá minutový či pětiminutový graf. Neočekávají se obrovské zisky z jednotlivých obchodů, většinou se obchoduje pro malý zisk z každé obchodní pozice (1, 6).

1.2 Automatický obchodní systém

Automatický obchodní systém, zkráceně AOS nebo anglicky Expert Advisor (používá se také spousta jiných názvů, jako třeba program pro algoritmické obchodování, ATS a podobně), je takový program, který dokáže zautomatizovat strategie pro obchodování na základě předem přesně daných podmínek vstupů i výstupů z trhu (1).

1.2.1 Plně automatický obchodní systém

Tento typ AOS spočívá v tom, že obchoduje naprosto sám bez jakékoliv potřebné interakce se člověkem. Jinými slovy jediné, co osoba musí udělat, je nainstalovat takovýto systém a případně mu nastavit parametry, dále si už automatický obchodní systém poradí sám. Vstoupí i vystoupí z obchodů bez jakéhokoliv manuálního zásahu člověka. Mizí tedy jakákoliv chybovost, která může být způsobena lidským faktorem – jako třeba mentálním stresem, nerozvážností, váháním a podobně (1).

Mezi výhody takto provedeného systému patří například možnost backtestingu neboli provedení kontroly funkčnosti a ziskovosti na historických datech (1).

Výhody plně automatického AOS:

- Backtesting
- Nulový lidský faktor
- Časová flexibilita (1)

Nevýhody plně automatického AOS:

- Neschopnost reagovat na neočekávané situace
- Chybí lidský cit pro obchod (intuice) (1)

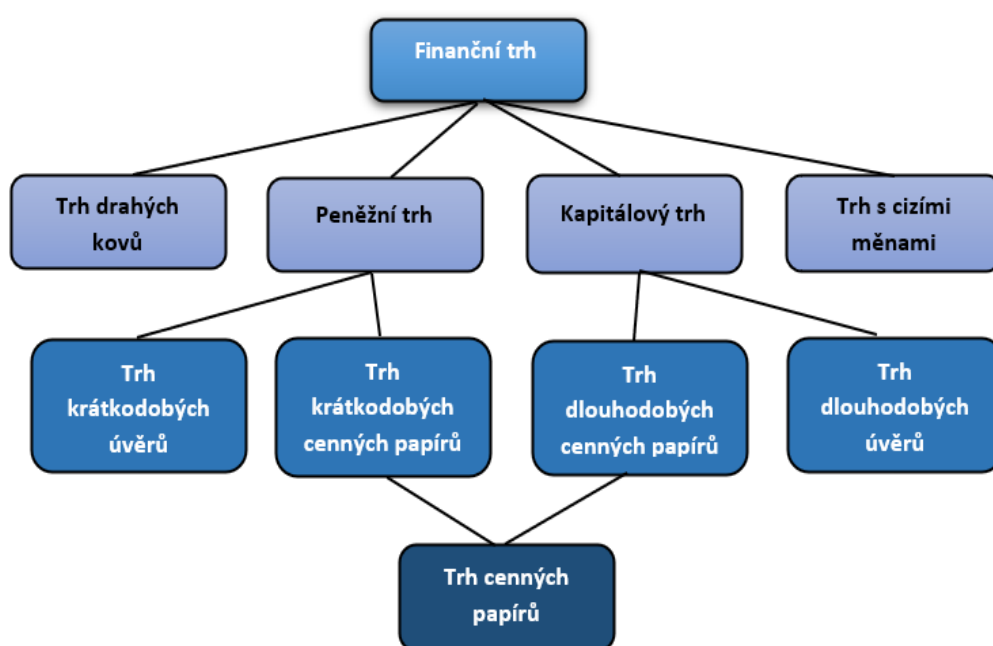
1.2.2 Poloautomatický obchodní systém

Jedná se o takový systém, který po provedení analýzy trhu dává různé signály (grafické zobrazení, email, SMS, zvuk apod.) pro vstup do pozice či výstup z pozice a majitel takového systému se sám rozhodne, jestli tuto nabídku využije či nikoliv. Jsou možné i

někaké variace této metody, jako například že systém dokáže otevřít nákupní či prodejní pozici sám, ale o ukončení obchodování se musí rozhodnout manuálně (1).

1.3 Finanční trh

Finanční trh můžeme obecně popsat jako místo, kde se obchoduje s měnami, cennými papíry anebo deriváty. Dělení finančního trhu je nejčastěji uváděno právě podle obchodovaných instrumentů v jednotlivých částech.



Obrázek 1: Struktura finančního trhu (Zdroj: Vlastní zpracování dle 3)

Z předchozího obrázku je možné vidět, že finanční trh se dělí na trh drahých kovů, trh s cizími měnami a peněžní a kapitálový trh. Peněžní trh se ještě dále dělí na trh krátkodobých cenných papírů a na trh krátkodobých úvěrů. Naopak kapitálový trh se dělí na trh dlouhodobých cenných papírů a úvěrů (3).

1.3.1 Peněžní trh

Peněžní trh se tedy dělí na:

- Trh krátkodobých cenných papírů
- Trh krátkodobých úvěrů

V této části finančního trhu se obchodují zejména hodně likvidní krátkodobé úvěry a krátkodobé cenné papíry. Pravidlem je, že úvěry a cenné papíry se obchodují se splatností zpravidla do jednoho roku (3).

Druhou součástí peněžního trhu je trh krátkodobých úvěrů. Takovéto úvěry většinou poskytují obchodní komerční banky nebo jiné podobné finanční instituce anebo půjčky, které si podniky poskytují samy mezi sebou. Druhá část je trh krátkodobých cenných papírů, kdy si společnosti nebo jiné obchodní instituce poskytují krátkodobé cenné papíry nejčastěji formou směnek apod. (3)

1.3.2 Kapitálový trh

Kapitálový trh se tedy dělí na:

- Trh dlouhodobých cenných papírů
- Trh dlouhodobých úvěrů

Oproti peněžnímu trhu se na kapitálovém trhu obchoduje s dlouhodobými cennými papíry a dlouhodobými úvěry. To znamená, že zde mají cenné papíry a úvěry splatnost delší nežli jeden rok (3, 6). Funkcionalita tohoto trhu zůstává jinak víceméně stejná jako u peněžního trhu, přičemž se u trhu s dlouhodobými cennými papíry nejčastěji obchoduje s akciemi anebo dlouhodobými obligacemi. Trh s dlouhodobými cennými papíry také převyšuje objem trhu s dlouhodobými úvěry, zejména kvůli možnosti rozložení rizika na více subjektů nežli pouze na jeden, kterým je zpravidla bankovní instituce (3).

1.3.3 Trh s cizími měnami

Na tomto trhu se obchoduje s cizími měnami. Tyto trhy se dělí ještě na dvě další části, které se mezi sebou liší. Tyto části jsou:

- Devizový trh – bezhotovostní cizí měny
- Valutový trh – hotovostní cizí měny

Devizový trh je trh, kde se obchoduje s bezhotovostními cizími měnami. Můžou to být například peníze na účtu, směnky, šeky, poukázky, cenné papíry a podobně. Do devizového trhu patří také Forex neboli foreign exchange trh (3).

U Forexu se jedná o obchodování s devizovými cizími měnami pomocí celosvětového decentralizovaného (neorganizovaného, OTC – Over The Counter) systému, kde je možné neustále sledovat pohyb kurzu měn, konkrétně tedy 24 hodin denně kromě víkendů. Jedná se o vůbec nejobchodovanější a nejlikvidnější trh na světě (3).

Obchodování na trhu s cizími měnami funguje v takzvaných obchodních seancích, což jsou tedy obchodní hodiny neboli čas, kdy je forexový trh aktivní. Rozdělujeme čtyři druhy seancí. Den začíná pro nás seancí ze Sydney ve 23:00 středoevropského času. Jednotlivé seance se dokonce i překrývají, například Londýnská a New Yorkská seance a v právě v těchto časech bývá vyšší likvidita (18).

23	24	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22			
										London																
															New York											
Sydney																										
		Tokyo																								

Obrázek 2: Obchodní seance Forex (Zdroj: 18)

Mezi hlavní účastníky na trhu cizích měn patří centrální banky (z důvodu provedení aplikací monetární politiky), obchodní (komerční) banky, které jsou nejvýznamnějšími účastníky na tomto trhu a snaží se vydělat na spreadu, brokerské společnosti neboli také makléři a individuální obchodníci (3).

Měny

Měny se dělí na hlavní, vedlejší a exotické. Hlavní měny jsou součástí hlavních měnových párů a jsou velmi často nejvíce obchodované s nejvyšší likviditou (3).

Mezi hlavní měny patří Americký dolar (**USD**), Euro (**EUR**), Britská libra šterlinků (**GBP**), Japonský jen (**JPY**) a Švýcarský frank (**CHF**), Australský dolar (**AUD**), Kanadský dolar (**CAD**) a Novozélandský dolar (**NZD**). Mezi vedlejší patří například Švédská koruna (SEK), Dánská koruna (DKK) anebo Ruský rubl (RUB). Jako příklad exotické měny můžeme považovat například Českou korunu (CZK). S těmito měnami se musí utvořit měnové páry, kdy první uvedená z měn je měna základní a druhá je měna kótovací – např. EUR/USD. Abychom si uvedli příklad, tak například pokud je kurz EUR/USD roven hodnotě 1,32547, tak musíme zaplatit 1,32547 USD za jednotku EUR. Tedy se platí kótovací měna za jednotky měny základní (3).

1.3.4 Trh drahých kovů

Trh drahých kovů je prostor, kde je umožňován prodej a nákup drahých kovů. Lépe řečeno investice do nich. Mezi nejoblíbenější drahé kovy patří zlato a stříbro, ale patří sem také kovy jako paládium či platina. Drahé kovy se dají považovat i za komodity (3).

1.4 Analýza trhu

V této sekci rozebereme, jakými všemi způsoby je možné analyzovat trh, aby nám to pomohlo k lepšímu rozhodování pro obchodování na trhu. Mezi tyto metody patří technická analýza, fundamentální analýza a psychologická analýza.

1.4.1 Technická analýza

Technická analýza je jedna z nejoblíbenějších používaných metod, jak trh jako takový analyzovat a dospět ke správné predikci směru kurzu (akcie, měny) na trhu, a to nejčastěji v blízké budoucnosti, jelikož technická analýza se bere jako analýza krátkodobá. Technickou analýzou si odpovídáme na otázku, kdy do obchodní pozice vstoupit a kdy naopak ne. K takto správné predikci se používají historická ale i současná data ohledně

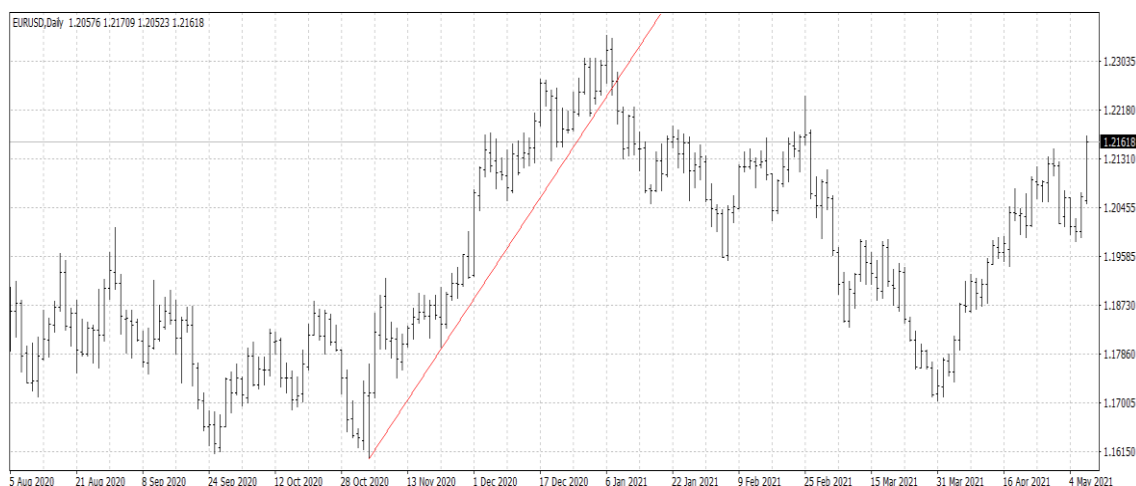
vývoje pohybu jednotlivých kurzů v jakémkoliv tržním prostředí, kde bychom chtěli obchodovat. Nejedná se tedy o analýzu žádných makroekonomických dat či podobného prostředí – k tomu slouží fundamentální analýza (3).

Při tvorbě technické analýzy se používají **grafické analýzy**, kdy se tvoří různé druhy grafů na základě časových řad a analyzování historických trendů nebo různě vytvořených obrazců podle takto získaných informací. Dále se hojně používají takzvané **technické indikátory** (3).

Příklady některých typů grafů:

- Čárový (liniový) graf – nejjednodušší typ grafu, kdy je vidět pouze close hodnota a čas, dobré pro analýzu dlouhodobého primárního trendu
- Čárkový (sloupcový) graf – OHLC (open, high, low, close) graf, výška je určena rozpětím mezi high (nejvyšším) a low (nejnižším) kurzem
- Svíčkový graf – také často OHLC graf, takzvané japonské svíčky, fungují tak, že pokud je uzavírací kurz vyšší než otevírací, pak tělo svíčky je bílé a pokud je to naopak, tak je černé (3).

Pomocí analýz i pomocí těchto grafů se dá udělat informované obchodní rozhodnutí. Jako příklad takové analýzy uvedu například analýzu **vzestupných a sestupných trendů**, kdy se podle grafu pozná, zda trend kurzu spíše stoupá či klesá (nebo je horizontální) a podle toho se obchoduje, další metodou je metoda **podpory a rezistence**, kdy podpora značí místo na grafu, pod kterou by kurz již neměl jít a hladina rezistence je to samé, akorát z druhé strany – pokud kurz se pohybuje poblíž hladiny podpory, měl by se koupit long a obráceně. Dále se často používá například metoda **trendové linie**. Při použití této metody se spojí úsečkou minima nebo maxima u dané akcie, měny apod. za určité časové období a z toho se dělají různá obchodní rozhodnutí (3).



Obrázek 3: Použití trend line na EUR/USD denním grafu (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)

Další variantou japonských svíček je i technický indikátor s názvem Heiken Ashi, který funguje na bázi velice podobné právě japonským svíčkám. Oproti klasickým japonským svíčkám se tento indikátor ale liší výpočtem svých jednotlivých hodnot (OHLC) a je tedy daleko hladší (17). Výpočty pro indikátor Heiken Ashi jsou následující:

$$Open = \frac{Open\ minulé\ svíčky - Close\ minulé\ svíčky}{2}$$

Rovnice 1: Vzorec pro Open Heiken Ashi (Zdroj: 17)

$$Close = \frac{(Open + High + Low + Close)}{4}$$

Rovnice 2: Vzorec pro Close Heiken Ashi (Zdroj: 17)

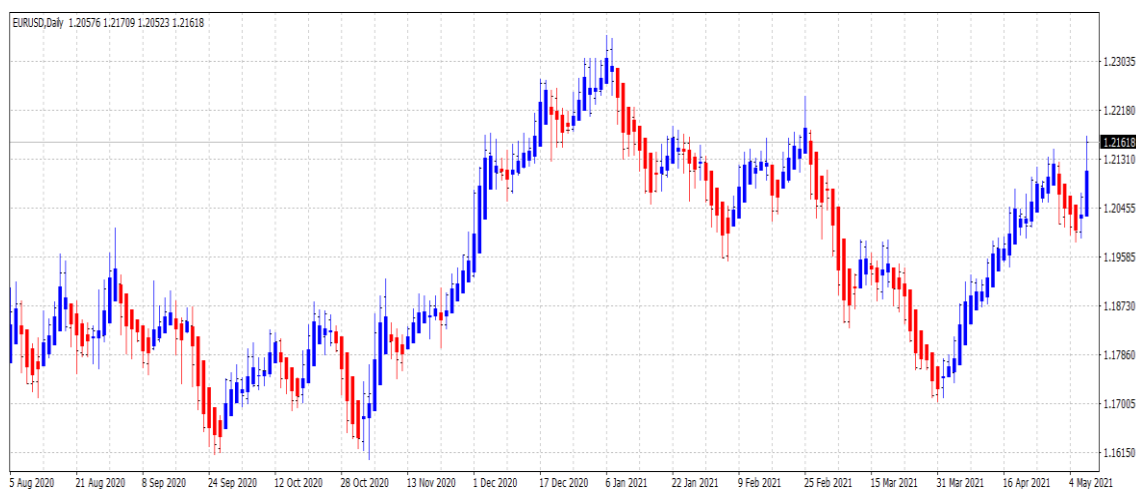
$$High = \max(High, Open, Close)$$

Rovnice 3: Vzorec pro High Heiken Ashi (Zdroj: 17)

$$Low = \min(Low, Open, Close)$$

Rovnice 4: Vzorec pro Low Heiken Ashi (Zdroj: 17)

Z těchto vzorců pro indikátor Heiken Ashi je vidět rozdíl mezi ním a klasickými japonskými svíčkami. Heiken Ashi funguje způsobem, že barví graf a pokud je svíčka grafu červená, značí to downtrend a pokud je modrá, značí uptrend. Je ho možné použít i v kombinaci s dalšími technickými indikátory (17).



Obrázek 4: Ukázka indikátoru Heiken Ashi (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)

Další formou technické analýzy je tedy použití technických indikátorů, které jsou v podstatě matematické funkce a používají se také pro predikci budoucího vývoje na trhu. Dělí se na cenové indikátory a na cenově objemové indikátory (3).

Dále se dělí na:

- Klouzávé průměry
- Oscilátory
- Pásmové analýzy
- Objemové indikátory (3)

Klouzavé průměry se nejčastěji dělí na jednoduchý klouzavý průměr, vážený klouzavý průměr anebo exponenciální klouzavý průměr, ale mohou být i jiné. Jsou nejspíše úplně nepoužívanějším indikátorem pro vytvoření technické analýzy. Jejich názvy nám mohou velmi napovědět o tom, jak se používají. Většinou se používají v kombinaci mezi sebou nebo s jinými indikátory, kdy se nastaví jednomu klouzavému průměru dlouhá perioda a druhému krátká perioda a sleduje se, kdy se protnou a dle toho se vstoupí do long či short trhu anebo je také tato metoda možná použít jakožto exit, a tedy by se vystoupilo z obchodní pozice (3).

V rámci oscilátoru (indikátory, které oscilují okolo nějaké hodnoty) bych rád popsal jeden z nepoužívanějších indikátorů této oblasti a tím je **MACD**. Celým názvem z angličtiny Moving Average Convergence Divergence. Funguje tak, že bere v potaz hodnoty exponenciálního klouzavého průměru zpravidla z periody 25 nebo 26 dní a krátkodobějšího exponenciálního (nebo jiného) klouzavého průměru (zpravidla 12 nebo 14 dní). Krátkodobější se odečte od dlouhodobějšího. Uptrend je vyznačen hodnotami, které jsou vyšší než 0 a naopak klesající trend vzniká, když jsou hodnoty menší než 0. Není bezchybný, ale je jedním z nejlepších indikátorů technické analýzy (3).

Pro popsání využití pásmové analýzy bych rád popsal indikátor s názvem **Bollingerova pásma**, kdy se vytvoří taková obálka (pásma, ohraničení) s ohledem na volatilitu daného kurzu. Využívá většinou jednoduchého klouzavého průměru pro vytvoření pásem (3).

Objemové a objemově cenové indikátory poté popisují objemy obchodů (volume) a tedy v podstatě popisují oblíbenost jednotlivých aktiv. Mezi nejoblíbenější patří indikátor **OBV** (On Balance Volume). Je důležité říct, že jelikož je forex decentralizovaný trh, informace o volume jsou většinou dostupné pouze od brokera (3).

1.4.2 Fundamentální analýza

Společně s technickou analýzou je fundamentální analýza nejvíce používaná metody, jak finanční trhy analyzovat a porozumět jim. Vytvořením fundamentální analýzy si odpovíme na otázku, co je vhodné obchodovat – technickou analýzou si odpovíme na to, kdy obchodovat (3).

Při sestavování této analýzy bereme v potaz makroekonomické ale i mikroekonomické faktory celého odvětví, podniků, zemí apod. Jedná se tedy o soubor mnoha analytických přístupů jako například analýza oborového okolí, politické analýzy, bonitní modely pro akciové společnosti, SLEPT analýzy obecného prostředí, finanční analýzy nebo nyní nově i informace a zprávy o corona viru atd. (3)

1.4.3 Psychologická analýza

Psychologická analýza jako taková je nejspíše nejméně používaná analýza ze všech, ale i přesto je velice důležitá pro většinu traderů, jelikož je jedním z hlavních důvodů, proč se na finančním trhu prodělává. Špatná psychologická analýza vede ke špatnému money managementu a tím pádem k finančním ztrátám (3).

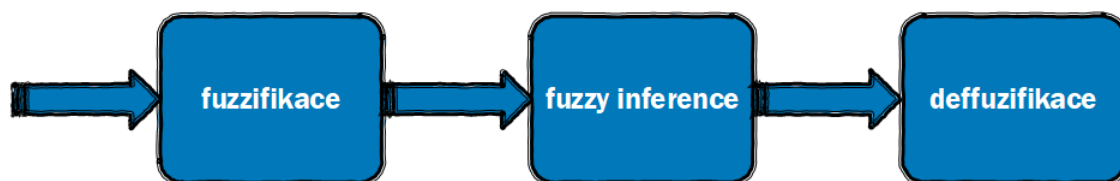
Oproti technické a fundamentální analýze je v analyzování pomocí psychologické analýzy poměrně odlišné, jelikož tato analýza popisuje lidské chování při obchodování. Mezi hlavní přístupy patří například nejstarší metoda Keynesova spekulativní rovnovážná hypotéza, kdy Keynes tvrdí, že je velice důležité počítat s nezkušeností většiny investorů a obchodníků a také popisuje nepřiměřené reakce na různé například burzovní události. Mezi další metody patří například Kostolanyho burzovní psychologie nebo teorie spekulativních bublin (3).

1.5 Fuzzy logika

„Čím lépe matematické zákony popisují realitu, tím jsou méně přesné, a čím jsou přesnější, tím hůře popisují realitu.“ Albert Einstein.

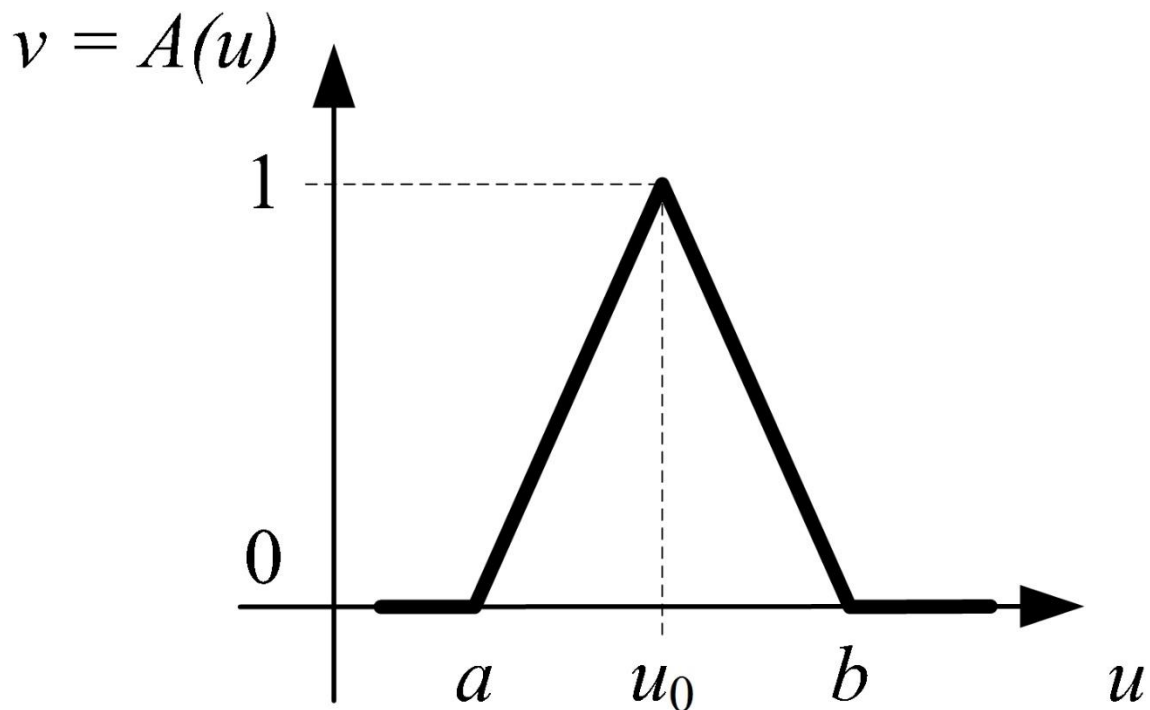
Na rozdíl od binárního pojetí logiky, které se například v informatickém světě bere jako závazné, kdy veškeré výstupy mají formu v podobě 0 nebo 1 (jedná se tedy pouze o dva stavy), tedy buďto to tak je nebo není, buďto je to pravda nebo je to lež, buďto je to černé anebo je to bílé, fuzzy logika pracuje s určitým pojmem vágnosti (mlhavosti, nepřesnosti) – výstupy tedy nejsou pouze 1 a 0 (10) nýbrž se určuje, do jaké míry prvek do množiny skutečně patří, kdy 0 by znamenala, že prvek nepatří do množiny vůbec a výstup 1 by znamenal plné absolutní členství do dané fuzzy množiny (13).

Z předchozího odstavce tedy plyne, kdy je vhodné metodiku fuzzy logiky používat. Vhodným použitím může být jakýkoliv postup, který není plně algoritmizovaný a není zcela zřejmé, jakým způsobem se rozhodnout pomocí binární logiky, což je v normálním životě zcela běžné, dokonce i častější. Hojně se tato metoda používá právě i v řízení firem, za účelem lepší a jasnější rozhodovací schopnosti (13).



Obrázek 5: Fuzzy zpracování (Zdroj: Vlastní zpracování dle 13)

Z obrázku je možné poznat, že proces fuzzy zpracování se dělí na tři fáze. Těmito třemi fázemi jsou fáze fuzzifikace, fáze fuzzy inference a následná fáze defuzzifikace. V první fázi (fuzzifikace) se převedou reálné proměnné na jazykové kvalitativní tvary. Stupeň členství dané proměnné je poté vyjádřen pomocí matematické funkce, která může zaujmout několik tvarů členských funkcí. V druhé fázi fuzzy inference se nacházejí uživatelem vytvořené podmínovací věty, které můžeme znát hlavně z programování a říkají nám, že když nastane nějaká podmínka, tak se poté stane něco jiného. Důležité také je pro každé z pravidel zadat váhu, kterou dané pravidlo na výsledek nese. Výstupem z druhé fáze zpracování je opět slovní vyjádření. Nakonec se pomocí třetí fáze, což je defuzzifikace, výsledky zpět převedou na reálné hodnoty z lingvistického chápání (13).



Graf 1: Ukázka funkce příslušnosti typu \wedge (Zdroj: 14)

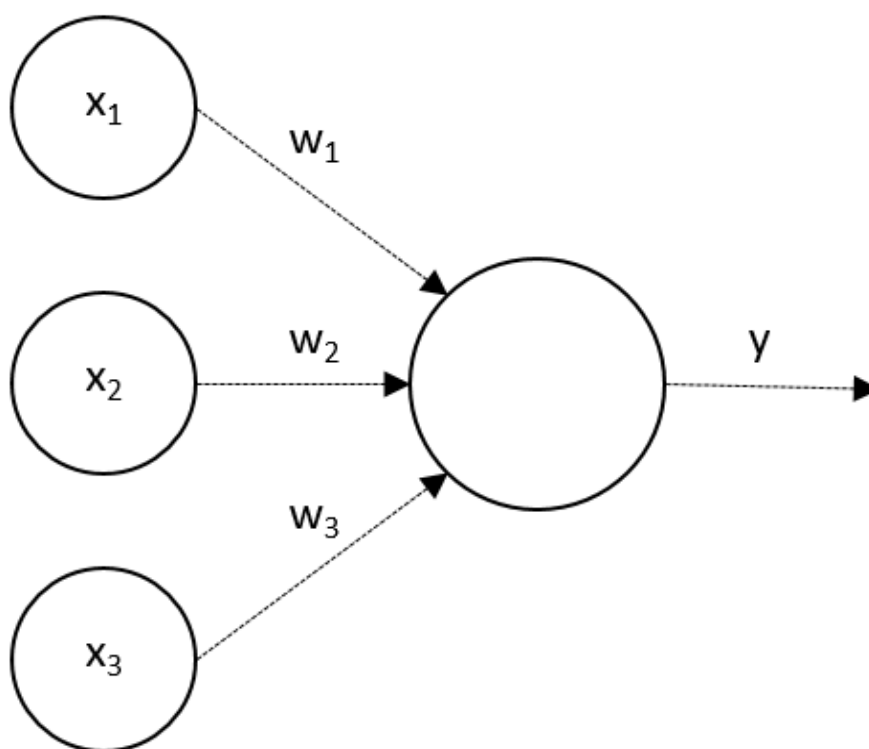
1.6 Neuronové sítě

Umělá inteligence, anglicky Artificial intelligence (AI), označuje systémy a stroje, které jsou schopné napodobovat lidské myšlení – jako třeba schopnost se učit, kreativně myslet, přemýšlet, uvažovat a vyvíjet se v čase – jednou, avšak jistě nedokonalou, formou této inteligence jsou právě umělé neuronové sítě (12, 16).

Umělá neuronová síť pracuje na základě lidské biologie, konkrétně na principu nervové soustavy, a tedy je již jasné, proč je vybrán název neuron, jakožto základní prvek jak umělé, tak i přirozené neuronové sítě (12). Umělá neuronová síť se ale dá přirovnávat k té biologické pouze velmi zběžně, jelikož ta umělá je mnohem jednodušší, a nikoliv tolik komplikovaná (16). Neuronové sítě se používají tam, kde vysokou roli při vytváření procesů tvoří náhodné jevy a zároveň tam, kde náhoda takovou roli nehraje, je rozhodování na tolik složité, že nedokážeme vlivy vhodně identifikovat a následně analyzovat. Model neuronové sítě funguje ve dvoufázovém provedení, v prvotní fázi se

system učí ze zadaných vstupů a snaží se je pochopit a porozumět jim. V druhé části se poté již system tyto vstupy naučil správně identifikovat a snaží se pomocí nich predikovat další výstupy (16).

Umělou neuronovou sít' vždy tvoří určité vrstvy tohoto modelu (vícevrstvý model neuronové sítě). Ve většině případů použitelných pro reálné problémy jsou tyto vrstvy tři: vstupní, skrytá a výstupní. K těmto vrstvám je důležité definovat počet neuronů v jednotlivých vrstvách a také je důležité definovat způsob propojení těchto neuronů mezi sebou pomocí přenosových aktivačních funkcí (16).



Obrázek 6: Model jednoduché neuronové sítě (Zdroj: 12)

Na obrázku je možné vidět model neuronové sítě. Kdy x znamenají jednotlivé vstupy do sítě, které jsou následně váženy vahami w , odečte se prahová hodnota a aktivační funkcí se signál změní na výstupní signál značen y (12, 16).

Způsoby učení neuronové sítě se v podstatě dělí na dva typy. Jedním z nich je takzvané **učení s učitelem**, kdy vytvářená umělá neuronová síť zná od začátku vstupy i výstupy ze sítě, na kterých se právě učí a podle nich poté utváří nějaké další výstupy. Druhým typem je **učení bez učitele**, kdy síti poskytneme pouze vstupy a síť tedy již nezná předem žádné výstupy, musí tedy výstupy vytvořit zcela sama pomocí různých vzorů, které v datech uvidí a rozpozná. Známé je také velké množství algoritmů pro učení sítě. Nejčastěji se nejspíše používá metoda učení s názvem Back Propagation. Mezi další známé metody pro učení sítí patří například Levenberg-Marquardt, Quick Propagation, Conjugate Gradient Descent, Quasi-Newton, Kohonenova adaptace (mapy) a mnoho dalších (16).

Back Propagation znamená, že se chybová funkce snižuje způsobem zpětného vracení a při této činnosti se upraví jednotlivé váhy pro jednotlivé neurony (16).

Při učení sítí s učitelem se nejčastěji jedná o takzvané dopředné neuronové sítě, často používaný název z angličtiny – feedforward, kdy spojení jednotlivých neuronů jde směrem od vstupů k výstupům. Takovéto sítě jsou hojně používány pro predikce (například modely pro finanční trhy) apod. Další typy sítí jsou ku příkladu RBF či dynamické sítě. Data jsou při tomto typu učení rozdělena minimálně do dvou částí, konkrétně na trénovací a testovací data a někdy se k nim přidá i část validačních dat. Důležité je si dát pozor na tzv. přeučení sítě, ke kterému dochází v momentě, kdy se síť přeučí na trénovacích datech a nepracuje správně poté na těch testovacích (16, 48).

V rámci sítí bez učitele se vytváří takzvané shluky dat podle podobnosti jednotlivých vstupů, například pomocí samo organizujících se map (Kohonenovy samo organizující se mapy) (16).

Samotných aktivačních funkcí, které se používají při vytváření neuronových sítí na spojení jednotlivých vrstev je mnoho. Mohou se v podstatě dělit na lineární a nelineární (15). Nejpoužívanější aktivační funkce v dnešní době jsou matematické funkce typu logistický sigmoid anebo hyperbolický tangens. Podstata těchto přenosových funkcí tkví ve formě výstupů, které nám poskytnou – při použití logistického sigmoid jsou výstupy v rozmezí od hodnot 0 do hodnot +1. Kdežto při použití hyperbolického tangens (tanh) jsou výstupy v rozmezí hodnot od -1 do +1 (16). Tyto funkce se vypočítají podle následujících vzorců:

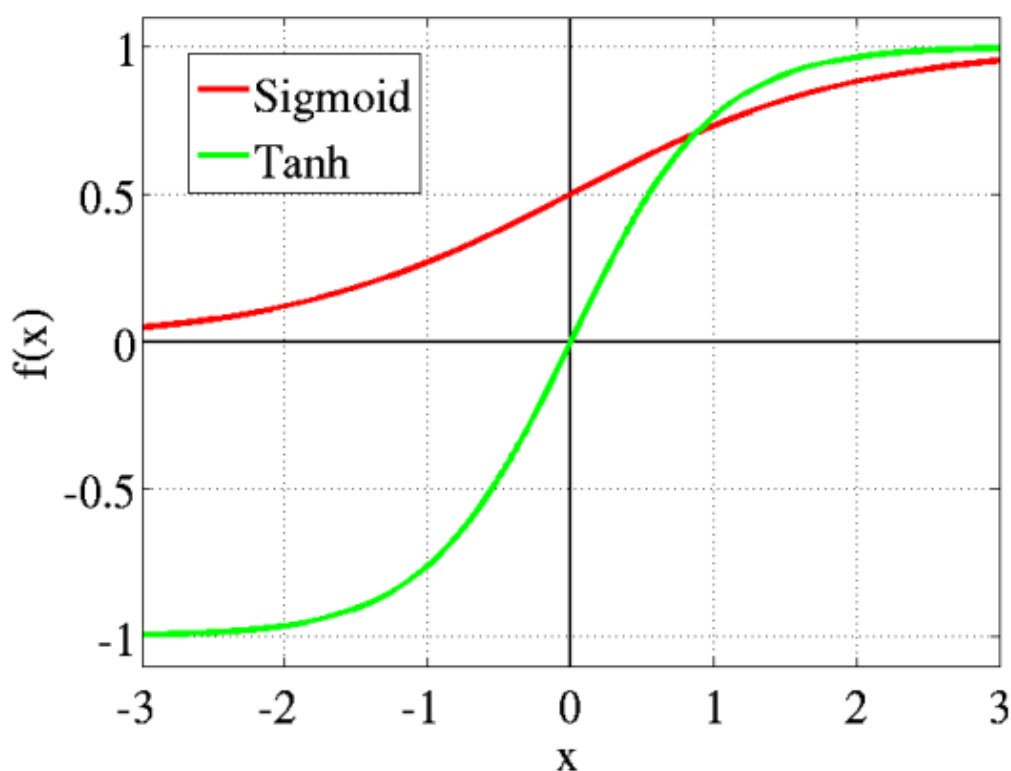
$$a = \frac{1}{1 + e^{-n}}$$

Rovnice 5: Vzorec pro logistický sigmoid (Zdroj: 16)

$$a = \frac{e^n - e^{-n}}{e^n + e^{-n}}$$

Rovnice 6: Vzorec pro hyperbolický tangens (Zdroj: 16)

Další aktivační funkcí, která se hojně v dnešní době využívá je poměrně nová aktivační funkce s názvem ReLU – z angličtiny Rectified Linear Unit. Využívá se zejména pro konvoluční (rozpoznávání obrazu) neuronové sítě. Pro predikce časových řad se tedy stále více používá logistický sigmoid či tanh (15).



Graf 2: Logistický sigmoid a hyperbolický tangens (Zdroj: 15)

1.7 Genetické algoritmy

Jedná se o přístup umělé inteligence, při kterém se využívají poznatky evoluční biologie, a tedy patří mezi evoluční algoritmy, které jsou inspirovány poznatky, které se běžně přirozeně vyskytují v průběhu života – fungují na základě Mendelových zákonů dědičnosti. Tímto způsobem se snaží genetický algoritmus nalézt řešení složitějších úloh, pro které není jednoduché nebo je přímo nemožné (nebo by to zabralo velmi vysoké množství času) nalézt řešení exaktním algoritmem. Používají se zejména pro úlohy ohledně optimalizace nějakého problému, a to například v oblastech jako je podnikání či veřejná správa nebo třeba vedení firemních procesů a mnoho dalších (9, 16).

Terminologie, která se používá při tvorbě a řešení genetických algoritmů je stejná nebo podobná jako u biologické formy genetiky. Jedním z nejdůležitějších pojmů je chromozom. Chromozom jako takový ztělesňuje celý genotyp a skládá se z postupně uspořádaných genů, které řídí právě tu danou důležitou dědičnost (16).

Pro zacházení s jednotlivými chromozomy se utvořily různé genetické operátory, nejčastěji jsou použity tři z nich. Tyto operátory se nazývají selekce, křížení a mutace a představují proces opakované reprodukce, který se nazývá epocha evoluce populace. Po vytvoření začáteční populace se tyto operátory se opakují tak dlouho v tomto pořadí (selekce – křížení – mutace), dokud celý proces není ukončen, například ukončením cyklu (for, while apod.). Důležité je také si popsat funkčnost účelové funkce, které se také říká fitness funkce, která nám má zajistit nalezení chromozomu, který je velmi blízko nebo totožný s hledaným optimem (16).

Operátor **selekce** označuje výběr chromozomů, které se mohou stát rodiči pro vytvoření jedinců v dalším cyklu populace (následující generace) na základě pravděpodobnosti závislé na fitness funkci. Velice důležité je při selekci zachovávat populaci rozmanitou, aby nedocházelo k rychlému přechodu do lokální maxima (či minima). Známe několik typů selekce, mezi ně patří například proporcionální selekce, které se také říká metoda rulety a je nejvíce používaná. Mezi další typy patří truncation selekce, lineární ranking, exponenciální ranking a tournament selekce, kde jedinci v populaci soutěží o možnost postupu do další generace (16).

Operátor **křížení** přiřazuje rodičovským chromozomům (dvěma) náhodně nový pár chromozomů, čímž vznikají potomci, přičemž se modifikují původní chromozomy při zachování alespoň části genetické informace obou rodičů. Mezi typy křížení patří: bodové křížení (nejjednodušší způsob) a jednotné křížení (16).

Dalším operátorem je tedy operátor **mutace**, který přiřazuje každému chromozomu nový chromozom a je zdrojem nových informací v populaci, a tedy spolu s předchozím uvedeným operátorem křížení tvoří takzvaně proces reprodukce (vznik nové generace). Nejčastěji se používá bitová negace anebo třeba použití operátoru inverze (16).

Shrnutí kroků procesu genetického algoritmu:

1. Náhodné vytvoření populace s jedinci
2. Vypočtení zdatnosti chromozomů pomocí fitness funkce
3. Tvorba nových chromozomů – selekce, křížení, mutace (reprodukce)
4. Rozšíření místa pro nové jedince pomocí odstranění starších jedinců z populace
5. Vložení nových jedinců a použití účelové (fitness) funkce
6. Pokud je splněna podmínka pro ukončení procesu, tak se označí optimální chromozom jako výsledek, jinak se proces opakuje od tvorby nových chromozomů (16).

1.8 Programová prostředí

V této části práce popíši programová prostředí, která je možné použít pro práci s umělou inteligencí, neuronovými sítěmi, genetickými algoritmy, fuzzy logikou a vytvářet v nich různá řešení ohledně těchto témat.

1.8.1 MS Excel

Program Excel od společnosti Microsoft je v podstatě tabulkový software, který má ale plno využitelných funkcí a funkcionalit zejména pro provádění operací fuzzy logiky. Je také velmi využíván pro podporu analyzování dat, tedy při provádění Business Intelligence nebo nějakého dataminingu. Použití Excelu je možné i v souladu s dalšími

programy od společnosti Microsoft – jako například MS Word, MS PowerPoint apod. při zakoupení licence Microsoft 365 na bázi předplatného (19).

1.8.2 MATLAB

Pod pojmem MATLAB se myslí výpočetní systém od společnosti MathWorks, který podporuje velké množství funkcí, které by uživatelé mohli chtít využít. Jedná se především o matematické programové prostředí, ale i analytické či grafické (20, 21).

MATLAB jako takový má tedy mnoho využití hlavně za pomoci mnohých knihoven nebo toolboxů zabudovaných v něm. Včetně použití pro neuronové sítě, umělou inteligenci, optimalizaci, finance a mnoho dalších. Užitečné Toolboxy jsou například Deep Learning Toolbox, Fuzzy Logic Toolbox, Trading toolbox a mnoho dalších (20).

Při použití programu MATLAB je možné vytvořit neuronové sítě právě pomocí Deep Learning Toolboxu nebo vlastního kódu. Je možné vytvářet i shlukové analýzy například pomocí self-organizing maps (20, 21).

Toto programové prostředí také používá svůj vlastní programovací jazyk se stejným názvem MATLAB, díky kterému je možné tedy vytvářet svá řešení na míru. Program je úzce spojen s dalším vývojovým prostředím s názvem Simulink, které slouží zejména pro grafické znázornění a provádění různých simulací například pomocí námi vytvořených signálů (20).

Programové prostředí MATLAB je k dispozici pouze v podobě ročního předplatné (tzv. subscription) anebo zakoupení produktu. Jedná se poměrně o vysokou částku v hodnotě 800 euro ročně za rok nebo 2000 euro za zakoupení, kdy se ale musí každý rok platit poplatek za MathWorks Software Maintenance Service (20).

1.8.3 MetaTrader

Tento program nesoucí název MetaTrader má nyní dvě verze, které jsou obě zaměřené na obchodování. Jedna z nich se nazývá MetaTrader4 a druhá MetaTrader5. Programy jsou vytvářeny společností MetaQuotes Software. MetaTrader4 je starší verze, která je

zaměřena zejména na trh s cizími měnami, ale stále většina brokerů podporuje právě jen tuto verzi. MetaTrader5 je novější verze, která je zaměřená také na forex, ale i na akciový trh a přidává mnoho funkcionalit, které přechází verze nemá (22, 23).

Tyto dvě platformy jsou využívány pro obchodování na finančním trhu, a to včetně algoritmického obchodování. Pro vývoj programů, skriptů, algoritmů, automatických obchodních systémů či vlastních indikátorů, které je možné použít na graf, je ke každé verzi programu k dispozici vývojové prostředí (IDE) s názvem MetaEditor (22, 23).

Pro vývoj automatických obchodních systémů je vytvořen vlastní programovací jazyk s názvem MQL4 (pro MetaTrader4) anebo MQL5 (pro MetaTrader5). Tyto jazyky jsou oba objektově orientované a založené na jazyku C++. Programy jsou k dispozici zcela zdarma a pokud je broker podporuje, většinou je dává k dispozici přímo on (22, 23).

1.9 Shrnutí teoretické části

Teoretická část diplomové práce měla za účel seznámit čtenáře s teoretickým podkladem dané věci, na který se následně bude navazovat. Nejprve byly vysvětleny základní pojmy ohledně obchodování a finančních trhů s důrazem kladeným na Forex. Byla také popsána analýza trhu – technická, fundamentální i psychologická. Dále pak byly popsány problematiky ohledně fuzzy logiky, umělých neuronových sítí a genetických algoritmů a obecně ohledně umělé inteligence. Nakonec byl čtenář seznámen s základními softwarovými prostředky, které budu dále v práci používat a to MS Excel, MATLAB a MetaTrader4.

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

V druhé části diplomové práce je řešena analýza současného stavu problému. Provádím zde SLEPT analýzy jednotlivých zemí, které mají jako svou národní měnu, jednu z hlavních měn. Dále popisují význam ohledně využití umělé inteligence s důrazem na použití v automatických obchodních systémech, analýzy ohledně ekonomické situace ve světě, a nakonec uvádím příklady nepoužívanějších brokerských společností.

2.1 Trh s AOS

Jedním z nejlepších způsobů, jak monetizovat svůj automatický obchodní systém, je kromě samostatné výdělečné činnosti samotného systému na finančním trhu, poskytnout daný systém na trh, kde si ho ostatní lidé budou moci koupit a začít ho používat oni samotní.

Nejznámější obchod s AOS je lokalizován na oficiální stránce pro programování automatických obchodních systémů v MetaTraderu. Konkrétně je možné tento trh najít na webové stránce <https://www.mql5.com/>.

Jedná se o oficiální místo, kde si zákazníci mohou najít svůj oblíbený automatický obchodní systém a zaplatit za jeho používání, a to vše naprosto bezpečně s oficiální podporou společnosti MetaQuotes. Programátoři zde nabízejí své vytvořené AOS a použití této služby je zdarma, ale společnost si účtuje 20% z každého prodeje (24).

2.2 SLEPT analýza Eurozóny

Eurozónou se myslí oblast Evropy, která spadá pod vliv Evropské unie, a zároveň se jedná o země, které využívají jako svou hlavní měnu euro. Samozřejmě ne všechny země spadající od Evropské unie používají tuto měnu (například my – Česká republika), i tak mi ale přijde zajímavé a důležité brát eurozónu jako celek, který tuto měnu používá, jelikož se jedná o analýzu, která by nám měla říct něco více o vývoji eura. Takovýchto zemí je 19 a jsou jimi Rakousko, Belgie, Kypr, Estonsko, Finsko, Francie, Německo,

Řecko, Irsko, Itálie, Lotyšsko, Litva, Lucembursko, Malta, Nizozemsko, Portugalsko, Slovensko, Slovinsko a Španělsko (29).

Sociální faktory

Tabulka 1: Počet obyvatel v Evropské unii (Zdroj: Vlastní zpracování dle 35)

	2015	2016	2017	2018
Evropská unie	509 672 282	511 152 390	512 151 635	513 179 223

Podle předešlé tabulky je možné vidět, že počet lidí v Evropské unii od roku 2015 do roku 2018 stoupá. Rozhodl jsem se použít data za celou Evropskou unii, a nejen za eurozónu, jelikož to není faktor, který by přímo ovlivňoval měnu a údaje o populaci na OECD iLibrary jsou pouze za celou Evropskou unii.

Legislativní faktory

V Eurozóně je hlavním základním kamenem monetární politiky Evropská centrální banka (zkráceně ECB). Společně s několika dalšími velkými centrálními bankami v této zóně spolu rozhodují o změnách v monetární politice těchto oblastí. Jedním z hlavních cílů ECB je udržet cenovou stabilitu v celé Eurozóně. Členské státy tedy musí dodržovat několik opatření a kritérií, které jsou součástí Maastrichtské smlouvy. Mezi tyto kritéria, která musí členské státy splnit patří například, že inflace dané země nesmí převýšit průměrnou výši inflace tří zemí s nejnižší inflací o více nežli 1,5 % a také dlouhodobé úrokové sazby nesmí převýšit průměrnou hodnotu dlouhodobých úrokových sazeb těchto zemí s nejnižší inflací o více než 2%. Dalším kritériem je například, že schodek vládního rozpočtu nesmí překročit 3 % HDP dané země. V dané smlouvě jsou popsána i další kritéria. Pokud státy poruší nějakou takovouto podmínku, mohou přijít tučné pokuty či sankce (38).

Ekonomické faktory

Tabulka 2: HDP (GDP) Eurozóna (Zdroj: Vlastní zpracování dle 30)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Eurozóna [mil. EUR]	10 519 852,3	10 815 642,4	11 217 102,3	11 588 278	11 937 156	11 317 640,7

Dle předešlé tabulky ohledně HDP zemí v Eurozóně můžeme vidět, že od roku 2015 do roku 2019 dané HDP rostlo, ale v roce 2020 pokleslo oproti roku 2019. Což může značit začátek hospodářské krize, tento fakt je ale jednoznačně způsoben vlivem corona virové pandemie, kterou nyní ve světě prožíváme.

Tabulka 3: CPI – Inlace Eurozóna (Zdroj: Vlastní zpracování dle 31)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Eurozóna	0,2	0,2	1,5	1,8	1,2	0,3

Dalším faktorem, který by mohl ovlivnit měnový kurz je samozřejmě inflace. Z tabulky je možné vidět, že v eurozóně je v roce 2020 tento indikátor stále kladný, ale oproti roku 2019 výrazně menší. Inflace se doporučuje udržovat okolo 2 % vzrůstu. Pokud by ale inflace byla příliš vysoká, jednalo by se jednoznačně o deprecii měny.

Tabulka 4: Parita kupní síly Eurozóna (Zdroj: Vlastní zpracování dle 32)

	2015	2016	2017	2018	2019
Eurozóna EUR/USD	0,774704	0,749295	0,744848	0,733894	0,733878

Tabulka ohledně parity kupní síly v eurozóně nám říká, za kolik jednotek jedné měny bychom si byli schopni zakoupit stejný statek v jednotkách měny druhé. Porovnávání měny jsou eura a americké dolary.

Politické faktory

Důležité politické faktory, které by mohly ovlivnit vývoj měny (EUR) jsou zlehka popsány v kategorii legislativních faktorů. Jen bych tedy doplnil, že veškeré členské státy Evropské unie, a tedy i Eurozóny musí být demokratické země. Nyní je hlavou Evropské komise Ursula von der Leyen, hlavou Evropského parlamentu David-Maria Sassoli a hlavou Evropské komise je Charles Michel (38).

Technologické a technické faktory

Co se týče technologických a technických faktorů, tak bych zde především uvedl strategii pro vývoj a rozvoj výzkumu a inovací. Prvotní iniciativou Evropské unie, jak tuto oblast

rozvést je takzvaně Open Innovation, díky čemuž se otevírají dveře pro vývoj inovací pro lidi z praxe, kteří nepatří do akademické nebo vědecké sféry. Další iniciativa se nazývá Open Science, tento přístup k vědeckým výzkumům zpřístupní vybádané poznatky hned, jak budou k dispozici. Jedná se tedy o změnu vůči klasickému přístupu, kdy se se zveřejněním výzkumu čeká až na konečné výsledky. Další takováto iniciativa nese název Open To The World a znamená vysokou míru propagace celosvětové spolupráce při provádění výzkumů (34).

2.3 SLEPT analýza Severní Ameriky

Při zpracovávání této analýzy se zaměřím na dvě země nacházející se v Severní Americe, konkrétně na Kanadu a USA, tímto získáme vyšší znalost těchto dvou zemí a tím pádem i vyšší porozumění ohledně jejich dvou státních měn (CAD a USD).

Sociální faktory

Tabulka 5: Počet obyvatel USA a Kanada (Zdroj: Vlastní zpracování dle 35)

	2015	2016	2017	2018
USA	320 742 673	323 071 342	325 147 121	327 167 434
Kanada	35 702 908	36 109 487	36 540 268	37 058 856

Z tabulky je možné vidět, že počet obyvatel jak v USA, tak i v Kanadě v letech roste. To podporuje fakt, že celková celosvětová populace roste také.

Tabulka 6: Naděje dožití USA a Kanada (Zdroj: Vlastní zpracování dle 36)

		2015	2016	2017	2018
USA	Ženy	81,1	81,1	81,1	81,2
	Muži	76,3	76,2	76,1	76,2
Kanada	Ženy	83,9	84	84	84,1
	Muži	79,8	79,9	79,9	79,9

V předešlé tabulce jsou uvedeny roky naděje dožití (Life Expectancy), z této tabulky můžeme vidět, že ženy se dožívají více let nežli muži, jak v Kanadě, tak i v USA. Celkově se zde roky dožití pohybují v rozmezí od 76,1 do 84,1 let.

Tabulka 7: Average annual wages USA a Kanada (Zdroj: Vlastní zpracování dle 33)

	2015	2016	2017	2018	2019
USA [USD]	62 982	63 079	63 734	64 397	65 836
Kanada [USD]	52 694	51 563	52 219	52 831	53 198

V předešlé tabulce jsou vidět průměrné roční mzdy uváděné v amerických dolarech pro oba státy, což nám zajistí lepší porovnávací schopnost. Tento údaj je důležitý, protože nám dává možnost zjistit, o kolik si průměrně vydělá zaměstnanec v USA více nežli v Kanadě, což by mohlo mít vliv na vývoj měny dané země.

Legislativní faktory

V rámci USA řídí monetární politiku organizace zvaná Fed (The Federal Reserve). Oproti jiným centrálním bankám se Fed snaží o dlouhodobější důsledky své monetární politické činnosti. Důležité je udržet stabilní cenovou hladinu a přiměřený ekonomický růst země. Uvnitř této organizace řídí rozhodnutí takzvaný federální výbor pro volný trh (FOMC). Mezi hlavní taktiky ovlivnění patří například nakupování či prodávání vládních finančních instrumentů nebo změnou míry sazeb federálních fondů, tím se myslí úrokové sazby, které si banky účtují na jednodenní půjčky (39).

Co se týká monetární politiky Kanady, tak tu řídí The Bank of Canada, neboli tedy centrální banka Kanady. Na rozdíl od jiných centrálních bank ve světě, rada kanadské centrální banky se schází každý den, aby plánovali změny v monetární politice. V Kanadě se také používá systém nazvaný Large Value Transfer System (LVTS), který umožňuje komerčním bankám půjčovat peníze jiným bankám a tím, že se dá manipulovat s úrokovou sazbou na takovýchto transferech se může ovlivňovat tok peněz v ekonomice (40).

Ekonomické faktory

Tabulka 8: HDP (GDP) Severní Ameriky (Zdroj: Vlastní zpracování dle 30)

	2015	2016	2017	2018	2019
USA (mil. USD)	18 238 300,6	18 745 075,7	19 542 979,2	20 611 860,9	21 433 224,7
Kanada (mil. CAD)	1 990 442	2 025 533	2 140 641	2 231 168	2 310 712

Z tabulky ohledně HDP v USA a Kanadě můžeme vidět, že tento údaj od roku 2015 do uvedeného roku 2019 roste. Bohužel ještě nemáme k dispozici údaje za rok 2020, kdy celý svět zachvátila corona virová pandemie, a tedy dle mého názoru tento indikátor bude lehce klesat. Nicméně růst HDP je především v USA poměrně veliký, což je jednoznačně dobře a vypovídá to o zdraví celé země.

Tabulka 9: CPI – Inlace USA a Kanada (Zdroj: Vlastní zpracování dle 31)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
USA	0,1	1,3	2,1	2,4	1,8	1,2
Kanada	1,1	1,4	1,6	2,3	1,9	0,7

Co se týče inflace, tak můžeme vidět, že v obou zemích fluktuuje poměrně vyrovnaně mezi lety. Důležité je podotknout, že z roku 2019 na rok 2020 růst inflace oproti minulým rokům poměrně dost klesl. Nicméně inflace je stále na kladné hodnotě.

Tabulka 10: Parita kupní síly USA a Kanada (Zdroj: Vlastní zpracování dle 32)

	2015	2016	2017	2018	2019
USA USD/USD	1	1	1	1	1
Kanada CAD/USD	1,292172	1,226931	1,235293	1,220497	1,241311

Zde v rámci parity kupní síly můžeme vidět, že v rámci USA je právě USD poměřovaná měna, a tedy je výsledná hodnota pro všechny roky 1. V rámci Kanady není hodnota parity kupní síly o tolik jiná, a tedy můžeme říct, že si můžeme jeden statek koupit za téměř stejnou hodnotu peněz v USA i v Kanadě.

Politické faktory

V USA je nyní poměrně nově prezidentem Joe Biden, který nahradil Donalda Trumpa. Můžeme tedy v Americe očekávat poměrně více liberálních politických postojů nežli právě těch konzervativních za vlády Donalda Trumpa (39).

Naopak v Kanadě je hlavou státu královna Alžběta II., kterou zastupuje jakožto generální guvernérka Kanady Julie Payetteová. A jakožto ministerský předseda v Kanadě působí Justin Trudeau (40).

Technologické a technické faktory

Tabulka 11: Počet patentů ICT a AI v USA a Kanadě (Zdroj: Vlastní zpracování dle 37)

	2015		2016		2017	
	ICT	AI	ICT	AI	ICT	AI
USA	15007,6	893,9	15098,4	1315,1	10515,2	1065,1
Kanada	1106,4	51,8	1110	93,6	691,9	66,3

V předešlé tabulce je možné vidět počet patentů, které jsou v letech 2015, 2016 a 2017 registrovány v jednotlivých zemích (USA a Kanada). Toto může indikovat podporu vývoje a výzkumu v jednotlivých zemích a celkově, jakým dílem jednotlivé země přispívají ke světovým vynálezům. Konkrétně jsem tyto patenty zacílil na obory ICT a vynálezy, které se týkají nějakým způsobem umělé inteligence.

2.4 SLEPT analýza Oceánie

V této analýze se zaměřím na země, které se řadí do Oceánie a poskytnou nám jakýsi přínos pro diplomovou práci v rámci porozumění jejich měn. Jedná se o Austrálii a její měnu AUD a Nový Zéland a jeho měnu NZD.

Sociální faktory

Tabulka 12: Počet obyvatel Austrálie a Nový Zéland (Zdroj: Vlastní zpracování dle 35)

	2015	2016	2017	2018
Austrálie	23 815 995	24 190 907	24 601 860	24 992 860
Nový Zéland	4 595 700	4 693 200	4 793 900	4 885 500

V tabulce ohledně počtu obyvatel v Austrálii a na Novém Zélandu máme hodnoty pouze do roku 2018. Je ale možné vidět, že počet populace taktéž roste.

Tabulka 13: Naděje dožití Austrálie a Nový Zéland (Zdroj: Vlastní zpracování dle 36)

		2015	2016	2017	2018
Austrálie	Ženy	84,5	84,6	84,6	84,9
	Muži	80,4	80,4	80,5	80,7
Nový Zéland	Ženy	83,4	83,4	83,6	83,5
	Muži	79,9	80	80,2	80

V rámci naděje dožití opět nevidíme nic neočekávatelného. Ženy se opět dožívají více let nežli muži. Muži se dožívají v Austrálii a na Novém Zélandu přibližně 80 let.

Tabulka 14: Average annual wages Austrálie a Nový Zéland (Zdroj: Vlastní zpracování dle 33)

	2015	2016	2017	2018	2019
Austrálie [USD]	54 774	54 800	54 327	54 127	54 401
Nový Zéland [USD]	41 673	43 183	43 399	43 770	44 031

Průměrné roční mzdy jsou opět uvedené v hodnotách amerického dolaru. Dalo se očekávat, že mzdy na Novém Zélandě jsou o něco nižší nežli v Austrálii. Přeci jen se jedná o menší zemi.

Legislativní faktory

V Austrálii působí jakožto centrální banka organizace s názvem The Reserve Bank of Australia (RBA), která si klade za cíl podobné věci jako i ostatní centrální banky světa. Mezi tyto cíle patří zachovat směnné kurzy stabilní, zajistit ekonomický růst země a udržet dobrou míru zaměstnanosti v populaci. Konkrétnějším cílem, o který se banka snaží je zaměřit hodnoty roční inflace na růstu v rozmezí 2-3 %, tím tedy hlavně ovlivňují svou měnu. Podobně jako v USA, tak i v Austrálii se tyto cíle ovlivňují zejména pomocí úrokových sazeb mezi jednotlivými komerčními bankami a operacemi centrální banky na otevřeném trhu. Kromě ledna se rada v RBA schází každý měsíc (41).

Na Novém Zélandu působí v roli centrální banky banka s názvem The Reserve Bank of New Zealand (RBNZ). Ohledně monetární politiky se bankovní rada schází osmkrát do roka. Zacílení inflace stanovila RBNZ na hodnotu 1,5 % a pokud tento cíl není splněn, vláda na Novém Zélandu může guvernéra této banky připravit o práci. Postupy, jak cílů monetární politiky dosáhnout jsou v podstatě stejné jako v Austrálii (42).

Ekonomické faktory

Tabulka 15: HDP (GDP) Austrálie a Nový Zéland (Zdroj: Vlastní zpracování dle 30)

	2015	2016	2017	2018	2019
Austrálie [mil. AUD]	1 660 714	1 762 371	1 848 560	1 952 680	1 985 438
Nový Zéland [mil. NZD]	255 340	271 422	291 264	306 721	323 142

Zde znovu máme pouze údaje ohledně hrubého domácího produktu do roku 2019, protože údaje za rok 2020 ještě nejsou přístupné. Z dat, která máme můžeme usoudit, že každým rokem HDP roste, což svědčí o dobrém zdraví dané země.

Tabulka 16: CPI – Inlace Austrálie a Nový Zéland (Zdroj: Vlastní zpracování dle 31)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Austrálie	1,5	1,3	1,9	1,9	1,6	0,8
Nový Zéland	0,3	0,6	1,9	1,6	1,6	1,7

Inlace se drží na poměrně stále hladině. Zajímavý je skok na Novém Zélandu z roku 2016 na 2017, kdy proběhlo poměrně vysoké zvýšení inflace. Dále je zajímavé, že na Novém Zélandu inflace stále rostla i z roku 2019 na rok 2020, zatímco v Austrálii se v těchto letech růst inflace snížil. Stále je ale inflace v kladných hodnotách.

Tabulka 17: Parita kupní síly Austrálie a Nový Zéland (Zdroj: Vlastní zpracování dle 32)

	2015	2016	2017	2018	2019
Austrálie AUD/USD	1,483748	1,456772	1,494519	1,492799	1,498508
Nový Zéland NZD/USD	1,469015	1,425098	1,409876	1,391507	1,397346

V rámci tabulky ohledně parity kupní síly jsou opět hodnoty poměřované proti americkému dolaru. Z tabulky je viditelné, že Austrálie i Nový Zéland jsou na tom v rámci této metriky téměř stejně, ale hodnoty jsou na Novém Zélandu o něco nižší.

Politické faktory

Hlavou státu v Austrálii je opět podobně jako v Kanadě královna Alžběta II., její postavení v celém světě je tedy velmi vysoké. Ministrem vlády je zde od roku 2018 Scott Morrison (41).

Podobně jako v Austrálii, tak i na Novém Zélandu vládne královna Alžběta II. Ministryní vlády je od roku 2017 Jacinda Ardern, která se této funkce ujala v 37 letech a stala se nejmladší ženou na světě v takovéto pozici (42).

Technologické a technické faktory

Tabulka 18: Počet patentů ICT a AI v Austrálii a na Novém Zélandě (Zdroj: Vlastní zpracování dle 37)

	2015		2016		2017	
	ICT	AI	ICT	AI	ICT	AI
Austrálie	352,2	22,9	317	24,3	134,4	5,9
Nový Zéland	39,6	0,7	30,6	1,6	17,1	1,3

V rámci technologické a technické analýzy jsem se zde zaměřil opět na vývoj počtu patentů v jednotlivých zemích se zaměřením na ICT a AI produkty.

2.5 SLEPT analýza Japonska

Zde si kladu za cíl provést analýzu vnějšího prostředí Japonska a tím pádem získat znalosti ohledně celé země především se zaměřením na vývoj měny JPY.

Sociální faktory

Tabulka 19: Počet obyvatel Japonska (Zdroj: Vlastní zpracování dle 35)

	2015	2016	2017	2018
Japonsko	127 094 745	126 932 772	126 706 210	126 443 180

Zde je velice zajímavé, že na rozdíl od zemí, kde jsem prováděl zbylé SLEPTE analýzy a na rozdíl od celkové světové populace, populace v Japonsku v letech 2015-2018 klesá. Lidé více umírají, nežli mají děti.

Tabulka 20: Naděje dožití Japonsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 36)

		2015	2016	2017
Japonsko	Ženy	87	87,1	87,3
	Muži	80,8	81	81,1

Zajímavé také je, že lidé v Japonsku se dožívají poměrně vysokého věku. Je to zajímavé právě v rámci poklesu celkové populace v Japonsku. Ženy se v této zemi dožívají průměrně více než 87 let.

Tabulka 21: Average annual wages Japonsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 33)

	2015	2016	2017	2018	2019
Japonsko [USD]	37 226	37 896	38 085	38 193	38 617

Roční průměrná mzda lidí v Japonsku se pohybuje v letech 2015-2019 od \$37 226 do \$38 617 a každým rokem postupně roste.

Legislativní faktory

Zajímavé je, že centrální banka Japonska (Bank of Japan – BOJ) získala svou nezávislost od ministerstva financí v Japonsku pouze poměrně nedávno – a to v roce 1998. I přesto, že banka získala nezávislost, i tak je situace ohledně ovlivňování monetárních rozhodnutí od ministerstva financí poměrně nejasná, jelikož ministerstvo financí v Japonsku stále rozhoduje o politice v rámci zahraničních měn. Zajímavé je, že v Japonsku jsou úrokové sazby velice nízké a nyní se nachází v rozmezí od 0 do 0,1 %. Toto zapříčinilo, že není možné úrokové sazby dále snižovat, a tedy není možné tímto způsobem podpořit ekonomický růst v zemi nebo likviditu peněz. A proto se BOJ v rámci boje s deflací rozhodla použít metody kvantitativního uvolňování, což znamená, že se snaží kvůli zvýšení peněz v oběhu zvýšit utrácení peněz v populaci (43).

Ekonomické faktory

Tabulka 22: HDP (GDP) Japonsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 30)

	2015	2016	2017	2018
Japonsko [mil. JPY]	513 876 000	531 319 800	535 537 200	545 897 400

V rámci hrubého domácího produktu v Japonsku je důležité podotknout, že se v letech zvyšuje, což značí dobré zdraví ekonomiky v dané zemi. Bohužel data jsou k dispozici pouze v letech 2015-2018. Můžeme ale předpokládat další nárůst alespoň v roce 2019.

Tabulka 23: CPI – Inflace Japonsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 31)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Japonsko	0,8	-0,1	0,5	1,0	0,5	0,0

V rámci inflace, a tedy zvyšování spotřebitelských cen je zajímavé, že v Japonsku v roce 2016 vznikla deflace v hodnotě změny -0,1 %. Dále je také zajímavé, že v roce 2020 byla inflace naprosto nulová.

Tabulka 24: Parita kupní síly Japonsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 32)

	2015	2016	2017	2018	2019
Japonsko JPY/USD	100,778024	106,409205	105,407248	103,712898	102,947009

V předešlé tabulce je možné vidět paritu kupní síly poměřované v JPY/USD.

Politické faktory

Císařem v Japonsku je od roku 2019 císař se jménem Naruhito a ministerským předsedou je Yoshihide Suga. Co se týče exportu a importu, tak Japonsko obchoduje hlavně se svým sousedem, a to s Čínou (43).

Technologické a technické faktory

Tabulka 25: Počet patentů ICT a AI v Japonsku (Zdroj: Vlastní zpracování dle 37)

	2015		2016		2017	
	ICT	AI	ICT	AI	ICT	AI
Japonsko	20472,2	974,6	21140,3	1158,6	16918,8	1115,4

Pokud se podíváme na předchozí tabulku, která popisuje počet podaných patentů v Japonsku, můžeme vidět, že v rámci ICT sféry je Japonsko velice aktivní v rámci vývoje. Je nejaktivnější ze všech popisovaných zemí.

2.6 SLEPT analýza Velké Británie

Další popisovanou oblastí za pomoci SLEPTE analýzy je Spojené království Velké Británie a Severního Irska (jinak také Spojené království nebo Británie), která používá jako svou hlavní měnu britskou libru (GBP). Mezi země, které spadají do tohoto území patří Anglie, Severní Irsko, Skotsko a Wales.

Sociální faktory

Tabulka 26: Počet obyvatel Velké Británie (Zdroj: Vlastní zpracování dle 35)

	2015	2016	2017	2018
Velká Británie	65 110 034	65 648 054	66 040 229	66 435 550

Jelikož se Velká Británie skládá v podstatě ze 4 zemí (Anglie, Skotska, Walesu a Severního Irska), můžeme zpozorovat, že počet obyvatel je vysoký a každým rokem roste, stejně jako většina světa.

Tabulka 27: Naděje dožití Velká Británie (Zdroj: Vlastní zpracování dle 36)

		2015	2016	2017	2018
Velká Británie	Ženy	82,8	83	83,1	83,1
	Muži	79,2	79,4	79,5	79,5

V rámci počtu let dožití ve společnosti ve Velké Británii opět vedou ženy průměrně o více než tři roky. Stále se toto číslo pohybuje ale okolo 80 let a zůstává přibližně stejné, jen mírně roste.

Tabulka 28: Average annual wages Velká Británie (Zdroj: Vlastní zpracování dle 33)

	2015	2016	2017	2018	2019
Velká Británie [USD]	45 532	46 088	46 493	46 656	47 226

Co se týče průměrného ročního platu vyjádřeného v Amerických dolarech, je vidět, že v čase mzdy pracovníků rostou. Což může být známka běžného zvyšování mezd, ale i popisování inflace, která je později popsána v ekonomických faktorech.

Legislativní faktory

Centrální banka Velké Británie se nazývá The Bank of England a je vůbec nejstarší centrální bankou na celém světě. Vznikla již v roce 1694. Cíly centrální banky jsou opět jasné a stejné jako téměř všude jinde na světě – a to udržet cenovou stabilitu, podporovat ekonomický růst a zaměstnanost. Zacielení inflace je na hodnotě 2 %. Za účelem získání právě takovéto inflace může centrální banka měnit úrokové sazby, jak se jí zlíbí. Devítičlenný Výbor pro měnovou politiku se schází osmkrát ročně, aby rozhodl o úrokových sazbách ve Spojeném království. Hlavními nástroji, jak ovlivňovat měnovou politiku jsou opět úrokové sazby a operace na volném trhu (44).

Ekonomické faktory

Tabulka 29: HDP (GDP) Velká Británie (Zdroj: Vlastní zpracování dle 30)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Velká Británie [mil. GBP]	1 919 641,0	1 994 712,0	2 068 757,0	2 141 792,0	2 217 787,0	2 113 045,0

V rámci hrubého domácího produktu ve Spojeném království Velké Británie a Severního Irsku je důležité poznamenat, že od roku 2015 do roku 2019 rostl, ale z roku 2019 na rok 2020 mírně poklesl, což nejspíše zapříčinila globální pandemie.

Tabulka 30: CPI – Inflace Velká Británie (Zdroj: Vlastní zpracování dle 31)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Velká Británie	0,4	1,0	2,6	2,3	1,7	1,0

V rámci inflace, která může být úzce spojena s měnou v dané zemi, je vidět, že stále v meziročních intervalech stoupá, v rozmezí od 0,4 % do 2,6 %, ale nejdůležitější údaj je ten poslední z roku 2019 na 2020, kdy je inflační růst v hodnotě 1 %.

Tabulka 31: Parita kupní síly Velká Británie (Zdroj: Vlastní zpracování dle 32)

	2015	2016	2017	2018	2019
Velká Británie GBP/USD	0,761803	0,752065	0,750091	0,744491	0,749163

V rámci parity kupní síly můžeme vidět, že je na tom Velká Británie o něco málo lépe, nežli Spojené státy americké při porovnávání GBP/USD.

Politické faktory

Velké Británii vládne královna Alžběta II. a tato země je tedy konstituční monarchie, kterou ale vede parlamentní systém. Předsedou vlády je Boris Johnson. Velká Británie byla do nedávna součástí Evropské unie, ale již tomu tak není. Je proto důležité říct, že pokud budeme cestovat do nějaké země, která spadá pod Spojené království, tak budeme potřebovat jiné vízum než pouze to ze Šengenského prostoru. Toto může ovlivňovat i různé obchody – import a export (44).

Technologické a technické faktory

Tabulka 32: Počet patentů ve Velké Británii (Zdroj: Vlastní zpracování dle 37)

	2015		2016		2017	
	ICT	AI	ICT	AI	ICT	AI
Velká Británie	1772,7	94,6	1689,2	121,7	1095,9	103,8

Při zpracování technologických a technických faktorů v dané zemi jsem se opět zaměřil na vývoj počtu patentů v odvětví ohledně ICT a umělé inteligence. Můžeme opět vidět, že Velká Británie jednoznačně podporuje výzkum a vývoj.

2.7 SLEPT analýza Švýcarska

Poslední zemí, kterou budu popisovat za pomoci SLEPTE analýzy je Švýcarsko. Tuto zemi popisují, jelikož je to země, která používá jako svou národní měnu Švýcarský frank, který tedy patří mezi hlavní měny.

Sociální faktory

Tabulka 33: Počet obyvatel Švýcarsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 35)

	2015	2016	2017	2018
Švýcarsko	8 282 398	8 373 334	8 451 834	8 513 227

Počet obyvatel ve Švýcarsku za léta 2015-2018 každým rokem roste. To znamená, že se více lidé rodí, nežli umírají, a tedy by v příštích letech mohlo přibýt aktivního obyvatelstva, které se bude rozvíjet v ekonomické sféře své země.

Tabulka 34: Naděje dožití Švýcarsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 36)

		2015	2016	2017	2018
Švýcarsko	Ženy	85,1	85,6	85,6	85,7
	Muži	80,8	81,7	81,6	81,9

Zde můžeme vidět poměrně vysokou naději dožití, jak pro muže, tak i pro ženy s tím, že ženy se opět dožívají více let. Všechny hodnoty pro obě pohlaví se drží nad úrovní 80. roku života.

Tabulka 35: Average annual wages Švýcarsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 33)

	2015	2016	2017	2018	2019
Švýcarsko [USD]	66 517	66 350	66 132	66 121	66 567

V rámci průměrných ročních mezd ve Švýcarsku můžeme vidět, že za posledních pět let se drží v podstatě na stejné úrovni. To je velice zajímavé i vzhledem k tomu, že v později uvedené inflaci budeme moci sledovat i nějaké deflace a tím to může být způsobeno.

Legislativní faktory

Švýcarská národní banka (Swiss National Bank – SNB) je centrální bankou dané země, která má v bankovní radě pouze tři členy. Na rozdíl od jiných světových centrálních bank, SNB si stanovuje úrokové sazby v rozmezí a nikoliv fixně. Tato banka se také více angažuje při udržování stability své měny. Jelikož je Švýcarsko hodně závislé na exportu, tak je výhodnější mít Švýcarský frank slabší nežli silnější. Zacielení inflace je pod hodnotou 2 %. Inflaci a další faktory může banka ovlivnit například pomocí repo sazby. Důležité je také u Švýcarska podotknout, že mají jedny z nejnižších daní na světě (co se týče rozvinutých zemí) (45).

Ekonomické faktory

Tabulka 36: HDP (GDP) Švýcarsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 30)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Švýcarsko [mil. CHF]	675 756,6	685 441,0	693 694,1	719 613,8	726 920,9	702 224,1

V rámci hrubého domácího produktu ve Švýcarsku můžeme opět vidět růst až do roku 2019 a poté mírný pokles na rok 2020, kdy naši planetu nejspíše nejvíce zasáhla pandemie corona viru COVID-19.

Tabulka 37: CPI – Inlace Švýcarsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 31)

	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Švýcarsko	-1,1	-0,4	0,5	0,9	0,4	-0,7

V rámci procentuální meziroční inflace můžeme vidět i záporné hodnoty, které naznačují deflaci, a i kvůli tomuto je možné vidět, že průměrné roční mzdy zaměstnanců jsou v podstatě na stejné hodnotě, i přesto že v jiných zemích se zvyšují.

Tabulka 38: Parita kupní síly Švýcarsko (Zdroj: Vlastní zpracování dle 32)

	2015	2016	2017	2018	2019
Švýcarsko CHF/USD	1.388990	1.358722	1.372343	1.350560	1.340940

Parita kupní síly pro Švýcarsko poměřená tedy Americkým dolarem je průměrně na hodnotě 1,3 – 1,4.

Politické faktory

Prezidentem švýcarské konfederace je Guy Parmelin. Švýcarsko je politicky velice zajímavá země, jelikož nejsou součástí Evropské unie ani žádné jiné podobné instituce a nepodíleli se na žádné ze dvou světových válek. Drží si tedy v diplomatické sféře svou vysokou neutralitu (45).

Technologické a technické faktory

Tabulka 39: Počet patentů ICT a AI ve Švýcarsku (Zdroj: Vlastní zpracování dle 37)

	2015		2016		2017	
	ICT	AI	ICT	AI	ICT	AI
Švýcarsko	385,8	26,4	409,8	36,7	226,7	20,3

Pokud se podíváme na vývoj počtu patentů v rámci ICT a AI oborů můžeme vidět, že počet takovýchto patentů je poměrně na úrovni s dalšími jinými zeměmi světa v rámci například počtu obyvatel.

2.8 Shrnutí SLEPT analýz

Provedením předešlých SLEPT analýz jsem shrnul důležité faktory všech světových velmocí na finančním trhu, a tedy jsme si objasnili okolnosti ohledně všech důležitých měn – EUR, USD, CAD, AUD, NZD, JPY, GBP a CHF. Nyní je potřeba uvedené prováděné SLEPT analýzy řádně shrnout a pokusit se je vhodně porovnat a vyvodit z nich nějaké závěry.

V rámci těchto analýz byly uvedeny sociální, legislativní, ekonomické, politické, technologické a technické faktory. U většiny faktorů jsou hodnoty uvedené v rozmezí několika let od roku 2015. Při sestavování sociálních faktorů byly brány v potaz hlavně informace ohledně počtu obyvatel, naděje dožití a průměrné roční mzdy obyvatel v měně USD. Zajímavé je, že v roce 2019 jsou nejvyšší průměrné roční mzdy ve Švýcarsku v hodnotě \$66 567, těsně za nimi je ale USA s hodnotou lehce nad 65 tisíc dolarů.

U legislativních faktorů jsou popsány hlavně metodiky aplikace monetární politiky v jednotlivých zemích. Pokud bychom měli porovnat jednotlivé aplikace této politiky, tak zjistíme, že u většiny porovnávaných zemí jsou tyto postupy velice podobné a někdy i naprosto totožné.

Ekonomické faktory nám řekly informace ohledně HDP, inflaci a parity kupní síly v jednotlivých oblastech. Toto jsou faktory, které nám rozhodně řeknou mnoho ohledně ekonomického zdraví jednotlivých zemí. V rámci HDP u zemí, u kterých byly k dispozici

data za rok 2020 můžeme vidět pokles z roku 2019 na rok 2020, což je jednoznačně způsobeno globální corona virovou pandemií. Všechny analyzované světové velmoci se ale stále v rámci HDP drží vysoce nad vodou a jsou stále vysoce ekonomicky zdravé.

Politické faktory jsou spíše shrnutím a doplněním k legislativním faktorům, kde jsem se zabýval monetární politikou a nepřišlo mi důležité k problematice tradingu a umělé inteligence rozvádět nějaké další aditivní politické faktory.

A nakonec v rámci technologických a technických faktorů jsem se zaměřil hlavně na podporu vývoje a rozvoje v jednotlivých zemích. Konkrétně jsem shrnul počty patentů v jednotlivých zemích za roky 2015-2017 v oblastech ICT a v oblasti ohledně umělé inteligence. Nejaktivnější je v tomto ohledu celkem jednoznačně Japonsko.

Z vytvořených analýz můžeme tedy říct, že všechny světové velmoci v rámci forexového trhu jsou poměrně ekonomicky stabilní a tyto analýzy jsem tedy tvořil, abych lépe objasnil a pochopil fungování jednotlivých měn v daných zemích.

2.9 Význam použití umělé inteligence při tradingu

Využití umělé inteligence obecně je poměrně novodobá záležitost, která má ale nespočet výhod, pokud se jí rozhodneme použít.

Pro automatické obchodní systémy a obchodování obecně se umělá inteligence využívá zejména pro potřeby optimalizace pomocí backtestu na historických datech skrze genetické algoritmy či neuronové sítě anebo predikci pohybu cen na trzích obecně.

Pokud se podíváme do akademické a vědecké sféry, můžeme najít celkem zajímavá data a údaje. Ze serveru Sciencedirect při zadání klíčových slov „Artificial Intelligence Forex“ je možné nalézt za poslední tři roky (nyní duben 2021) nalézt v roce 2018 9 záznamů, v roce 2019 13 záznamů, v roce 2020 18 záznamů a v probíhajícím roce 2021 zatím 7 záznamů. Z toho je možné usoudit, že zájem o tuto konkrétní oblast s každým rokem o něco málo roste. Celkem za všechny dostupné roky hledání podle těchto klíčových slov se najde 116 výsledků.

Dále bych rád uvedl výsledky i při uvedení klíčových slov „Artificial Intelligence Stocks“ – tedy ohledně akciového trhu a umělé inteligence. Toto hledání najde celkem 3276 výsledků a za poslední roky v roce 2018 192 záznamů, 2019 237 záznamů, 2020 366 záznamů a v probíhajícím roce 2021 zatím 261 záznamů. Jedná se tedy také o rozrůstající se pole, a to v mnohem vyšších rozměrech nežli použití umělé inteligence na trhu s cizími měnami.

Jako poslední bych rád ještě uvedl tyto údaje v rámci další vysoce rychle se rozrůstající oblasti ohledně obchodování na finančních trzích, a to obchodování kryptoměn. Při zadání klíčových slov „Artificial Intelligence Cryptocurrency“ je nalezeno 520 výsledků celkově za všechny roky, přičemž první záznam je až v roce 2015 – z toho je možné usoudit, že se opravdu jedná o novou záležitost. V roce 2018 bylo nalezeno 62 záznamů, v roce 2019 97 záznamů, v roce 2020 190 záznamů a již v dubnu roku 2021 je za rok 2021 k dispozici 159 vědeckých článků nebo podobných odborných záznamů. Je tedy vidět, že oblast ohledně kryptoměn roste vysoce rychlým tempem.

Pokud porovnáme všechny tři vyhledávání, tak nám z toho vyplývá, že forex s využitím umělé inteligence poměrně zaostává za akciemi společností, a i za kryptoměnami, což ale vůbec nevadí a rozhodně použití umělé inteligence na forex má svůj význam také a i přesto, že se jedná o méně oblíbené téma, tak stále v letech se rozrůstá.

2.10 Používané brokerské společnosti

Jak již víme, tak broker je společnost, které nám poskytuje možnost obchodovat na finančním trhu skrze ni. V této části práce budu popisovat a analyzovat několik nejoblíbenějších brokerů na světě zaměřené hlavně na forex.

2.10.1 Interactive Brokers

Společnost Interactive brokers je americký broker, který sídlí ve městě Greenwich, které se nachází v americkém Connecticutu na východním pobřeží Spojených států amerických. Společnost byla založena již v roce 1977 a je tedy jedním z nejstarších brokerů vůbec (26).

O této brokerské společnosti se říká, že je jedním z nejlepších brokerů vůbec zejména pro korporace a firemní klienty. Jedná se o veřejně obchodovatelnou společnost, která je autorizovaná šesti tier-1 regulátory.

Broker nabízí široké spektrum finančních instrumentů zpřístupněných k obchodování, ale možnosti využití těchto instrumentů závisí ve velké většině na tom, kde se zákazník nachází. Je k dispozici okolo 7400 CFD a 105 měnových párů (26).

Co se týče poplatků za provedení úkonů a otevření tradů, tyto úkony stojí minimálně \$2 za trade, ale mohou se snížit až o 50 % při aktivním vysoké aktivitě a periodicitě v obchodování. Díky této skutečnosti se vyplatí obchodovat s větším obnosem peněz nežli obchodovat pouze malé částky. I z tohoto důvodu je broker vhodnější pro větší společnosti. Společnost si také účtuje poplatky za neaktivitu (26).

Interactive Brokers nabízí svou vlastní obchodní platformu s názvem Trader Workstation (TWS), která je vysoce náročná a složitá na použití a často se v ní dokážou orientovat pouze zkušení obchodníci. Nicméně pokud se v ní naučíme pracovat, zjistíme, že nabízí vysoké množství kvalitních podkladů (například grafy apod.) pro správné rozhodování při provádění tradingových operací. Společnost bohužel nepodporuje použití MT4 nebo MT5, a tedy algoritmický trading je možný pouze skrz různá API (26).



Obrázek 7: Logo Interactive Brokers (Zdroj: 26)

2.10.2 XTB

XTB je veřejně obchodovatelná brokerská společnost se sídlem v Polsku. Na trhu se pohybují již od roku 2002 – tedy pod názvem X-Trade Brokers. Jako velkou výhodu tohoto brokera vidím, že poskytuje plnou zákaznickou podporu i v českém jazyce, kterou se také pyšní, jelikož je velice dobře recenzovaná a XTB za svou zákaznickou podporu

vyhráli cenu hodnocenou stránkou Forexbrokers jakožto nejlepší telefonická zákaznická podpora v roce 2020 (27).

Společnost XTB nabízí oproti jiným brokerům poměrně malé množství měnových párů (pouze 49), ale všechny hlavní se do tohoto počtu stále vejdou (27). Vysoké množství nabízených CFD kontraktů v počtu až 9600 činí tuto brokerskou společnost dobrým kandidátem pro obchodování kryptoměn (27).

Společnost nabízí pro své zákazníky dva typy účtů – standardní a prémiový. Spready a poplatky jsou průměrně uzpůsobené konkurenci. Aktivní tradeři dostávají slevu na spreadu – možnost vrácení peněz v podobě 5-30 % spreadu. Pro obchodování menších částek se spíše vyplatí standardní typ účtu, kdežto při obchodování částek vyšších se může vyplatit právě prémiový account (27).

XTB také nabízí svou vlastní platformu s názvem xStation 5, která oplývá plno možnostmi různého chartingu a různých možností obchodování, ale bohužel nepodporuje algoritmické obchodování. Platformu je možné používat i pro mobilní zařízení. Jelikož nativní platforma nepodporuje algo trading, tak společnost nabízí i použití MetaTraderu4, kde se tato možnost naskytuje (27).

Společnost také nabízí vysoké množství edukativního obsahu, a to nejenom v anglickém jazyce, ale i v polském, německém nebo i českém jazyce. Vlastní obsah je tvořen formou naučných článků či třeba YouTube videí (27).



Obrázek 8: Logo XTB (Zdroj: 27)

2.10.3 OANDA

Oanda je dalším brokerem, s kterým je možné obchodovat na forexovém trhu. Společnost byla založena v roce 1996 a nyní je regulována v šesti tier 1 jurisdikcích včetně FCA v UK, což znamená, že je velice bezpečné s tímto brokerem obchodovat (28).

Oanda je velice dobrý broker, pokud budeme brát v potaz pouze trh s cizími měnami, ale pokud bychom měli vzít v potaz i jiné instrumenty, jako například CFD kontrakty nebo akcie, rozhodně by se dala najít lepší volba (28). Nicméně forex je právě to, co nás zajímá. Oanda má poměrně vyšší spready oproti některým ostatním brokerům, ale pořád se drží i na lepší pozici v konkurenčním standardu. Nutnost výše minimální balance (minimální vklad) na účtu neexistuje, tedy je 0 (28).

Oanda také nabízí vysoké množství platforem pro možnosti obchodování, včetně své vlastní. Společnost má svou vlastní desktopovou, mobilní (Android i iOS) i webovou platformu s názvem fxTrade. Je ale možné použít i jiné platformy, které jsou používány právě pro algoritmické obchodování – jako například MetaTrader4 nebo například Seer Trading Platform a v neposlední řadě Oanda také podporuje použití vývojového prostředí Quant Connect, kde je možné své strategie programovat například v jazycích jako je Python, C# nebo C++ (28).

V rámci edukativního obsahu, Oanda také nabízí k dispozici mnoho novinek ze světa tradingu, fundamentální analýzy, makroekonomických novinek z obecného světového dění apod. Je možné si zakoupit i prémiové členství pro lepší zpravodajství (28).



Obrázek 9: Logo OANDA (Zdroj: 28)

2.11 Shrnutí analýzy současného stavu

Při sestavování analýzy současného stavu byly nejprve uvedeny SLEPT analýzy jednotlivých zemí s národní měnou, která je jedna z hlavních měn – to nám popsalo fundament v daných zemích. Dále poté byla popsána důležitost využití umělé inteligence na finančním trhu a také způsob monetizace samotného AOS pomocí Marketplace. Nakonec byly popsány tři brokerské společnosti.

3 VLASTNÍ NÁVRH ŘEŠENÍ

V této části práce se již konkrétně řeší vlastní návržení automatického obchodního systému za pomoci metod technické analýzy a umělých neuronových sítí.

Nejprve se v této části objevuje proces výběru nejvhodnější brokerské společnosti pomocí fuzzy logiky, dále výběr platformy pro vývoj daného AOS a také výběr měnových párů (za pomoci shlukování SOM), na kterých bude tento systém obchodovat a pro které bude optimalizován a následně testován.

Dále se zde objevuje již konkrétní návrh obchodní myšlenky a strategie, kterou navrhuji a realizuji. Nakonec je proveden i backtesting automatického obchodního systému pomocí in-sample a out-of-sample analýzy z historických dat z několika let nazpátek až do dnešní doby.

Uvedeno je i celkové a ekonomické zhodnocení a přínosy navrženého modelu a porovnání mezi jednotlivými měnovými páry.

3.1 Výběr brokera

Velice důležité pro další pokračování v práci je si ujasnit, jakého brokera budeme používat, jelikož každý broker využívá jiné platformy, ze kterých musíme vybírat a má jinak nastavené poplatky a podobné věci, které by náš obchodní systém mohli udělat horší, než ve skutečnosti je.

Takovýto výběr z mnoha možností, ale není úplně jednoduchá záležitost. Rozhodl jsem se tedy využít poznatky fuzzy logiky pro podporu rozhodování, aby se výběr brokera usnadnil a zároveň, abych svůj výběr mohl nějakým praktickým způsobem obhájit a objasnit.

Vybírám z již představených brokerů z části práce ohledně analýzy současného stavu situace a jedná se tedy o XTB, Interactive Brokers a Oandu.

Pro provedení fuzzy logických operací použiji programové prostředí tabulkového softwaru Microsoft Excel.

Při použití fuzzy logiky v excelu je nejprve nutné si vytvořit takzvanou transformační matici, která nám uvádí různé možnosti pro rozhodování.

Tabulka 40: Transformační matice brokerů (Zdroj: Vlastní zpracování)

	Min spread	Typ	Reputace	Certifikace	Poplatky
1	0	DD (MM)	špatná	ano	ano
2	0 - 0,5	ECN	průměrná	ne	ne
3	0,51 - 1	STP (DMA)	dobrá		
4	1,01 - 2		výborná		
5	2,01 - 3				
6	3 a více				

Dále se jednotlivé položky transformační matice musí ohodnotit podle důležitosti a tímto nám vznikne takzvaná ohodnocená transformační matice.

Tabulka 41: Ohodnocená transformační matice brokerů (Zdroj: Vlastní zpracování)

	Min spread	Typ	Reputace	Certifikace	Poplatky
1	10	10	0	10	2
2	8	5	3	0	10
3	6	5	6		
4	5		10		
5	4				
6	2				

Nyní je nejspíše nejlepší čas uvést si konkrétní hodnoty jednotlivých hodnocených brokerů, které u nich reálně jsou. Z těchto hodnot se následně vytvoří vstupní stavové matice, pro jednotlivé brokery. Tato matice funguje tak, že když reálná součást srovnání odpovídá s údajem v transformační matici, tak se do stejného řádku a sloupce zapíše 1 a pokud ne, tak 0.

Tabulka 42: Srovnání jednotlivých brokerů pro fuzzy účely (Zdroj: Vlastní zpracování dle 26, 27, 28)

	Min. spread	Typ	Reputace	Certifikace	Poplatky
XTB	0,4	STP	Dobrá	ano	ano
Interactive Brokers	0,5	ECN	Průměrná	ano	ano
Oanda	0,9	DD	Výborná	ano	ne

Tabulka 43: Vstupní stavová matice XTB (Zdroj: Vlastní zpracování)

	Výše spreadu	Typ	Reputace	Certifikace	Poplatky
1	0	0	0	1	1
2	1	0	0	0	0
3	0	1	1	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0

Tabulka 44: Vstupní stavová matice Interactive Brokers (Zdroj: Vlastní zpracování)

	Výše spreadu	Typ	Reputace	Certifikace	Poplatky
1	0	0	0	1	1
2	1	1	1	0	0
3	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0

Tabulka 45: Vstupní stavová matice Oanda (Zdroj: Vlastní zpracování)

	Výše spreadu	Typ	Reputace	Certifikace	Poplatky
1	0	1	0	1	0
2	0	0	0	0	1
3	1	0	0	0	0
4	0	0	1	0	0
5	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0

Nyní se použije vzorec v excelu ve tvaru **SOUČIN.SKALÁRNÍ**(vstupní stavová matice; ohodnocená transformační matice), díky kterému se vypočítá skalární součin. Dále se od tohoto skalárního součinu odečte součet minimálních hodnot ve sloupcích ohodnocené transformační matice, a to se podělí rozdílem maximálních hodnot ve sloupcích ohodnocené transformační matice a minimálních hodnot ve sloupcích ohodnocené transformační matice a celé se to vynásobí 100. To nám určí výsledné hodnoty, které jsou v procentech a můžeme z nich usoudit výsledek. Na to ale ještě potřebujeme retransformační matici.

Tabulka 46: Retransformační matice brokerů (Zdroj: Vlastní zpracování)

	Body v %	Broker
1	0 - 35	Špatné
2	36 - 74	Průměr
3	75 - 100	Top

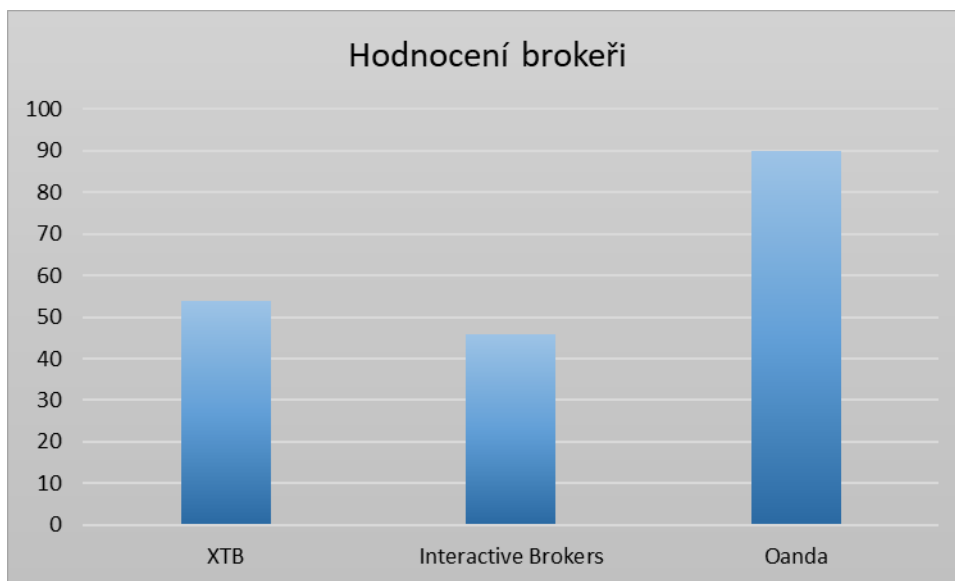
Z této retransformační matice a výsledných hodnot pomocí skalárního součinu můžeme tedy usoudit, který broker je na tom nejlépe. Podle tohoto hodnocení můžeme také vidět rozdělení na špatné, průměrné a top brokery.

Výsledné hodnoty:

Tabulka 47: Výsledek fuzzy brokerů (Zdroj: Vlastní zpracování)

XTB	Interactive Brokers	Oanda
54	46	90
Průměr	Průměr	Top

Z výsledků je patrné, že nejlépe je podle takového hodnocení na tom brokerská společnost Oanda.



Graf 3: Hodnocení brokerů dle fuzzy logiky (Zdroj: Vlastní zpracování)

Zvolený broker pro obchodování je tedy **Oanda**.

3.2 Výběr platformy

Jelikož už máme vybraného brokera, u kterého budeme obchodovat, tak máme na výběr jen ty platformy, které daný zprostředkovatel nabízí.

Mezi tyto platformy patří:

- MetaTrader 4
- Vlastní Oanda platforma (web, desktop, mobil)
- Oanda API

Pro algoritmičké programování je možné použít MetaTrader 4 a Oanda API, jelikož ale MetaTrader 4 má v sobě vybudované perfektní prostředí pro vytváření AOS a následně jeho optimalizaci a backtesting na historických datech, je dle mého názoru jasná volba, a to i proto, že je k dispozici zdarma (na rozdíl třeba od MATLAB). Navíc programovací jazyk MQL4 mi vyhovuje a je k němu dostupných mnoho informací.

Zvolená platforma: **MetaTrader 4**.

3.3 Výběr měnových párů

V této části práce je nutné vybrat nejvíce vhodné měnové páry pro obchodování a testování mého později navrhovaného automatického obchodního systému. Na těchto měnových párech bude AOS testován a optimalizován.

Pro podporu svého rozhodování v rámci této otázky jsem se měnové páry rozhodl vybrat pomocí metod umělé inteligence. Konkrétně metod shlukování dat do různých clusterů podle vzájemné podobnosti v programovém prostředí MATLAB. Konkrétně využiji metodu samo organizujících se map (anglicky self-organizing maps) ve zkratce SOM. Domnívám se, že takováto metoda je velice vhodná, jelikož se jedná o diplomovou práci s tematikou využití umělé inteligence.

Data, která se budou shlukovat jsou data, která popisují hodnoty volume forexových párů. Konkrétní data jsem získal z webové stránky <https://forexsb.com/historical-forex-data>, kde je možné daná data stáhnout v excelové podobě nebo v podobě dat pro MetaTrader. Data jako taková jsou od švýcarské banky Dukascopy bank.

Stáhl jsem denní data pro všechny měnové páry, které jsou na stránce k dispozici. Jedná se o dvacet měnových párů. Konkrétně se jedná o tyto páry: AUD/CAD, AUD/CHF, AUD/JPY, AUD/NZD, AUD/USD, CAD/JPY, CHF/JPY, EUR/AUD, EUR/CAD, EUR/CHF, EUR/GBP, EUR/JPY, EUR/USD, GBP/AUD, GBP/JPY, GBP/USD, NZD/USD, USD/CAD, USD/CHF a USD/JPY. Data byly v podobě OHLCV (open, high, low, close, volume) hodnot. Odstranil jsem ručně open, high, low a close hodnoty a spojil sloupce s hodnotami ohledně volume do jednoho souboru.

Tabulka 48: Ukázka dat – Volume, měnové páry (Zdroj: Vlastní zpracování dle 47)

AUD/CAD	AUD/CHF	AUD/JPY	AUD/NZD	AUD/USD	CAD/JPY	EUR/AUD
864	11069	427749	11339	232273	103377	503673
1283	16684	438881	17810	225013	140240	366877
1294	17144	433250	17660	237980	142274	306808
1202	16000	432971	16978	225051	134436	18406
100	1279	408966	1318	218601	134436	323808
1210	17512	23370	17555	13904	134436	321546
1288	18060	435978	18054	233382	134436	287734
1311	17809	431960	17867	225057	134436	388797
1368	17603	431658	18696	239602	134436	389504

Použité hodnoty jsou měřeny od 1.1.2007 do 3.3.2021. Po takovéto úpravě jsem data naimportoval do prostředí MATLAB, kde jsem nejprve musel data očistit o chybějící hodnoty a změnit typ z tabulky na double array. To jsem provedl pomocí příkazů `rmmissing` a `table2array`.

```
Data = rmmissing(VolumeDailyForex);  
Data = table2array(Data);
```

Obrázek 10: MATLAB očistění dat Volume (Zdroj: Vlastní zpracování)

Tímto způsobem nám vznikne data set v podobě 4242x20 dat. Dále je samozřejmě potřebné provést normalizaci našich dat, jelikož se jednotlivé hodnoty pohybují ve velkých rozdílech mezi sebou a kvůli tomu by se neurony mohly hůře učit a značně by se tím snížila kvalita modelu.

```
for i = 1:20  
    norm = Data(:,i);  
    maxnorm = max(norm);  
    normalizace = norm/maxnorm;  
    Data(:,i) = normalizace;  
end
```

Obrázek 11: Normalizace volume (Zdroj: Vlastní zpracování)

Na obrázku je možné vidět, že jsem normalizaci řešil pomocí jednoduchého cyklu (`for` loop) v Matlabu, kde se nejprve ve sloupci vybere maximální hodnota a touto hodnotou jsou poté vyděleny všechny zbývající hodnoty ve sloupci – to se provede pro všechny sloupce. Tím je zajištěna normalizace a ve sloupcích se nyní vyskytují pouze hodnoty v rozmezí 0 až 1.

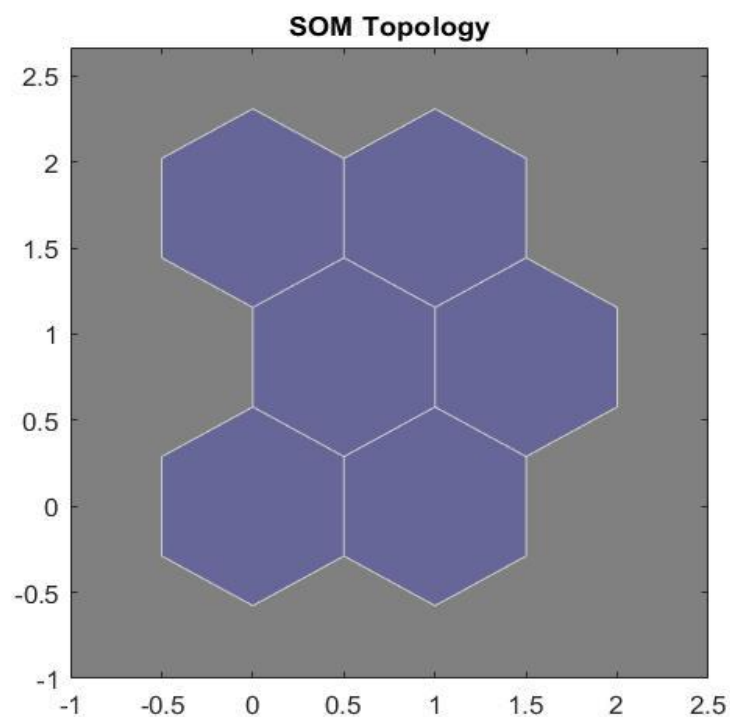
Nyní nám už zbývá jen vytvořit a natrénovat naši samo organizující se mapu na našich očištěných a normalizovaných datech.

Bude vytvořena dvoudimenzionální mapa o struktuře 2x3, díky čemuž získáme z našich dat 6 výstupů, ve kterých budou reprezentovány naše měnové páry.

```
net = selforgmap([2 3],500,5);  
net = configure(net, Data);  
net = train(net,Data);
```

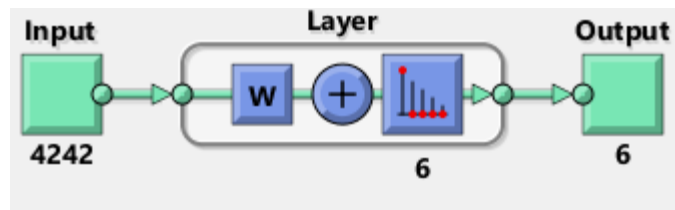
Obrázek 12: Způsob vytvoření SOM (Zdroj: Vlastní zpracování)

První, co se při vytváření sítě nastavuje jsou dimenze, které nám vyjadřují topologii sítě a jsou tedy 2x3, dále je možné vidět, že se nastavuje počet opakování (epoch) a nakonec číslo pět znamená údaj ohledně míry sousedství mezi jednotlivými neurony.



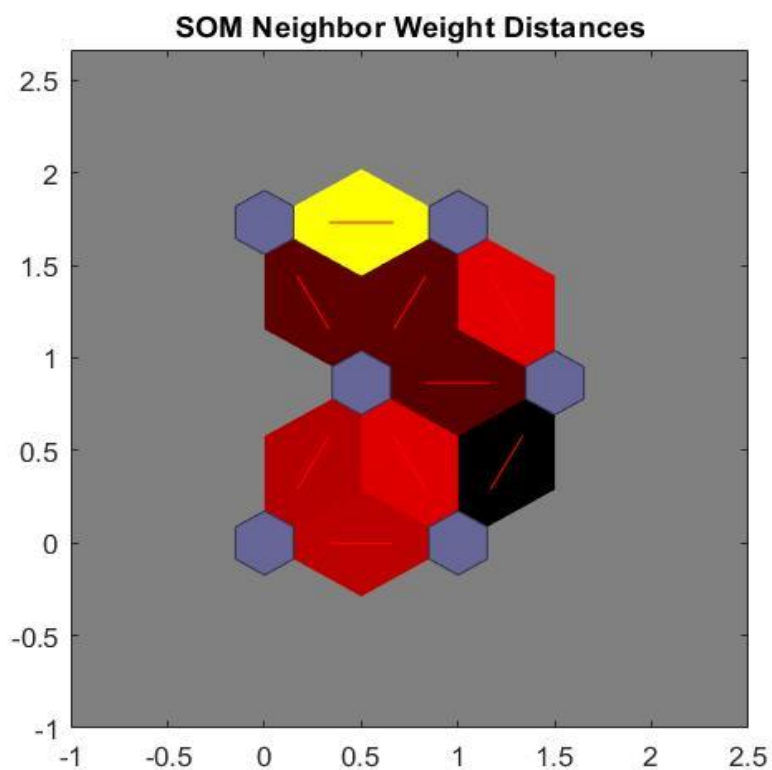
Graf 4: SOM topologie volume (Zdroj: Vlastní zpracování, MATLAB)

Topologie popisuje rozložení jednotlivých neuronů na mapě. Je z ní poznat, že budeme mít ve finále 6 výsledných clusterů.



Obrázek 13: Vytvořená neuronová síť SOM (Zdroj: Vlastní zpracování, MATLAB)

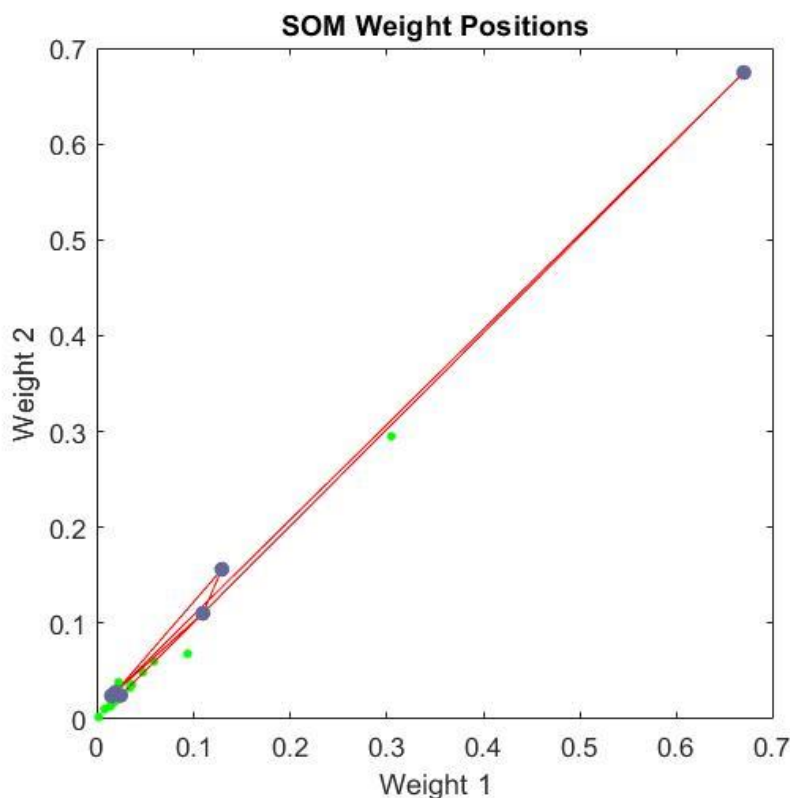
Obrázek popisuje vytvořenou síť, můžeme vidět, že máme 4242 vstupů do sítě a z nich vyvodíme 6 výstupů za pomoci využití 6 neuronů a vah, které jsou k nim připojeny.



Graf 5: SOM neighbor distances (Zdroj: Vlastní zpracování, MATLAB)

Na tomto grafu můžeme vidět vzdálenosti v rámci podobnosti mezi jednotlivými vytvořenými neurony mezi sebou. Čím tmavší barva (černá, hnědá apod.), tím jsou vzdálenosti mezi jednotlivými clustery výraznější a podobnost mezi jednotlivými měnovými páry nižší. Naopak světlejší barvy nám říkají, že si jsou dané neurony mezi

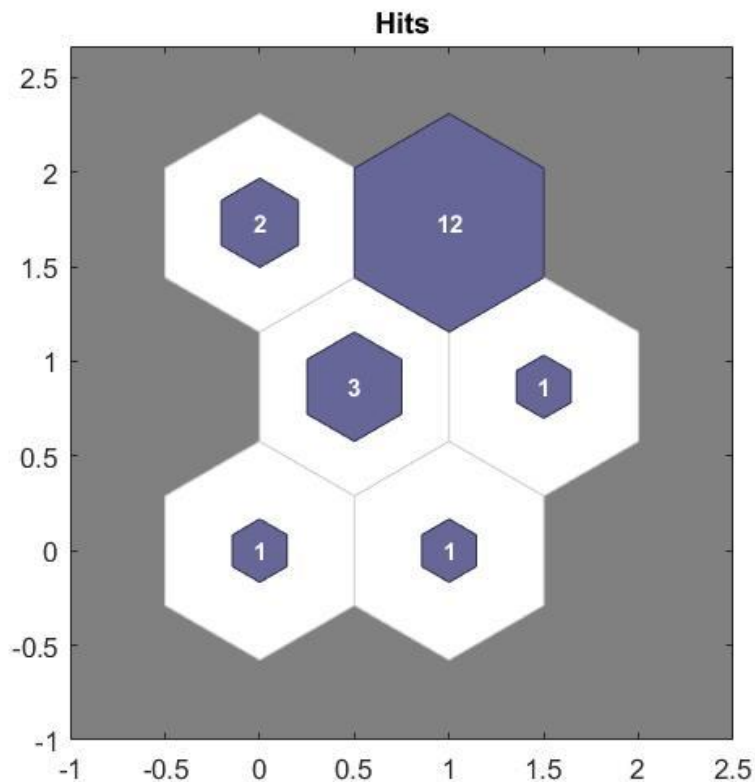
sebou více podobné. Z tohoto grafu je možné i vidět, jakým způsobem jsou jednotlivé neurony propojené. Jednotlivé clustery, kromě dvou z nich, které jsou reprezentovány žlutou barvou, jsou od sebe poměrně dosti vzdálené, jelikož je na grafu vidět veliké množství tmavých barev.



Graf 6: SOM weight positions (Zdroj: Vlastní zpracování, MATLAB)

Na grafu ohledně váhových pozic můžeme vidět modré tečky, které reprezentují pozice jednotlivých neuronů na mapě, které jsou propojené červenými čarami. Zelené tečky značí námi vložený input.

Nyní je již vhodné se přesunout ke konkrétním výstupům této SOM analýzy, které přinesou mé diplomové práci přínos. Tedy na konkrétní rozdělení měnových párů do jednotlivých clusterů a jejich identifikace.



Graf 7: SOM sample hits (Zdroj: Vlastní zpracování, MATLAB)

Lze vidět, že model nám rozdělil jednotlivé vstupy do daných šesti clusterů, přičemž je shluchoval podle podobnosti mezi sebou. Po znovupoužití našeho modelu na stejných datech a použití funkce `vec2ind` v Matlabu se nám jednotlivé měnové páry utvoří do těchto šesti clusterů:

1. GBP/AUD
2. AUD/CHF
3. AUD/CAD, AUD/NZD, AUD/USD
4. EUR/USD
5. CAD/JPY, EUR/CAD
6. AUD/JPY, EUR/AUD, EUR/GBP, EUR/CHF, EUR/JPY, GBP/JPY, GBP/USD, CHF/JPY, NZD/USD, USD/CAD, USD/CHF, USD/JPY

Vybrané měnové páry pro testování budou tedy GBP/AUD, AUD/CHF, AUD/NZD, EUR/USD, CAD/JPY a EUR/GBP.

3.4 Výběr časového rámce

Časový rámec, ze kterého je možné vybírat je 1minutový graf, 5minutový graf, 15minutový graf, 30minutový graf, 1hodinový graf, 4hodinový graf a 1denní graf.

Jelikož se nejedná o strategii mířenou spíše na Scalping či jakýsi vysoko frekvenční trading a data pro zvolení měnových párů jsou získána z denních grafů, bude strategie trénována a testována na denním časovém rámci. Což ale neznamena, že by strategie byla nepoužitelná na jiných timeframech. Po správné optimalizaci a natrénování sítě je strategie použitelná v jakémkoliv čase.

3.5 Představení knihovny FANN

Knihovna FANN (Fast Artificial Neural Network Library) je open source knihovna, která slouží k vytváření plně použitelných dopředných vícevrstvých neuronových sítí, které je možné využít pro běžné použití s podporou pro více než dvacet programovacích jazyků. Knihovna jako taková je vytvořena v jazyce C. Tuto knihovnu vytvořil Steffen Nissen v roce 2003, od té doby se přidalo k vývoji mnoho členů komunity a jelikož je FANN licencovaná pod GNU, tak je možnost změn od komunity zcela možná a podporovaná (25).

Mezi použitelné programovací jazyky, které jsou možné použít a které se poměrně často i používají s touto knihovnou patří například PHP, Python, Ruby, Go, C#, Java, C++, JavaScript, R, Matlab, Delphi a mnoho dalších (25).

Jak jsem již zmínil, FANN má možnost podpory do velkého množství programovacích jazyků, včetně jazyka MQL 4, ve kterém budu svou činnost provádět. Tuto wrapper knihovnu s názvem fann2mql, kterou budu využívat, vytvořil Mariusz Wołoszyn. Pro práci s ní je nutné si stáhnout a nainstalovat celou vytvořenou knihovnu do příslušné složky s MetaTraderem 4. To je možné tak učinit na webové stránce <https://fann2mql.wordpress.com/download/> (46).

3.6 Prerekvizity použití systému

Pro použití systému je tedy potřeba mít nainstalovanou wrapper knihovnu fann2mql v příslušné složce „include“ a „libraries“ v MetaTraderu 4.

Dále je potřeba mít povolené DLL importy v aplikaci MetaTrader 4. Ty jsou potřebné pro propojení externích knihoven, které se budou používat.

3.7 Popis strategie

Navrhovaná strategie si klade za cíl pomocí technické analýzy (technických indikátorů) a neuronových sítí vytvořených za pomoci knihovny fann2mql filtrovat ztrátové signály, které daný automatický systém bude generovat. A tím pádem vytvořit co nejvíce ziskový systém, který ukáže využití umělé inteligence na finančním trhu.

Základním stavebním kamenem strategie je technický trendový indikátor Heiken Ashi, který je podrobněji popsán v teoretické části práce, ve spojení s použitím vytvořené neuronové sítě naučené na historických datech pomocí implementovaného strategy testeru v Metatraderu 4.

```
int num_layers = 4; //pocet vrstev
int num_input = 42; //pocet input neuronu
int num_hidden1 = 25; //pocet neuronu v prvni skryte vrstve
int num_hidden2 = 20; //pocet neuronu v druhe skryte vrstve
int num_output = 1; //pocet output neuronu
int num_networks = 2; //pocet vytvarených sítí
```

Obrázek 14: Parametry pro vytvoření sítí (Zdroj: Vlastní zpracování)

V obrázku je možné vidět vstupní parametry pro vytvoření neuronové sítě. Co se týče počtu vrstev, tak jsem zvolil čtyři. Jedna vstupní vrstva, dvě skryté vrstvy a jedna vrstva pro výstup. Pro většinu prakticky použitelných neuronových sítí jsou dvě skryté vrstvy bohatě dostačující. Input vrstva obsahuje 42 neuronů, což by mělo být dostatečné číslo pro dobré naučení sítě a také budeme síti podávat tolik vstupů jako je počet neuronů v této vrstvě. První skrytá vrstva má 25 neuronů, což jsem určil jako dvě třetiny počtu neuronů

ve vstupní vrstvě plus počet neuronů ve výstupní vrstvě. Druhá skrytá vrstva obsahuje 20 neuronů. Výstupní vrstva obsahuje pouze jeden neuron, jelikož čekáme jeden output ze sítě.

Proměnná `num_networks` nám značí počet vytvářených sítí. Jelikož budeme vytvářet dvě sítě, tak je toto číslo 2. Dvě sítě tvoříme, jelikož jedna z nich je uzpůsobena pro práci se short obchodními pozicemi a druhá s long pozicemi.

```
NN = f2M_create_standard(num_layers, num_input, num_hidden1, num_hidden2, num_output);  
f2M_set_act_function_hidden (NN, FANN_SIGMOID_SYMMETRIC);  
f2M_set_act_function_output (NN, FANN_SIGMOID_SYMMETRIC);  
f2M_randomize_weights (NN, -0.3, 0.3);
```

Obrázek 15: Vytvoření neuronové sítě (Zdroj: Vlastní zpracování)

Na obrázku je vidět, jakým způsobem je vytvořena umělá neuronová síť pro další použití. Pomocí funkce `f2M_create_standard` se vytvoří standardní feedforward backpropagation neuronová síť s různými parametry. Mezi tyto parametry patří nejprve počet vrstev, počet neuronů v input vrstvě, počet neuronů v první skryté vrstvě, počet neuronů v druhé skryté vrstvě a počet neuronů v output vrstvě.

Dále je potřeba určit aktivační funkci pro skryté vrstvy a pro output vrstvu. Zvolil jsem pro tyto vrstvy stejnou aktivační funkci, a to hyperbolický tangens, pro který je ve FANN knihovně název `FANN_SIGMOID_SYMMETRIC`. Tento fakt znamená, že můžeme očekávat výstup v rozmezí od hodnoty -1 do hodnoty +1. Zvolil jsem funkci `tanh`, jelikož je to jedna z nejpoužívanějších funkcí vůbec a mívá lepší výsledky nežli logistický sigmoid, kde jsou výstupy v rozmezí od 0 do 1.

Co se týče jednotlivých vah mezi jednotlivými vrstvami, tak jsem tuto problematiku řešil pomocí jejich randomizace od určitého rozmezí. Konkrétně od -0,3 do 0,3, což by mělo zajistit rychlejší učení sítě, nežli kdyby toto rozpětí bylo jiné.

Dále pro správnou funkčnost a přesné učení sítě je velice důležité zabývat se normalizací dat pro vstupy do neuronové sítě, tedy zabývat se rozložením dat na nějakou určenou škálu. Škálu jsem zvolil klasicky v rozmezí od 0 do 1 a provádím tuto normalizaci pomocí známé metody min-max.

Takto vypadá můj algoritmus pro normalizaci:

```
void NormalizaceInput() {  
  
    int i;  
    int minim;  
    int maxim;  
  
    for(i=0;i<num_input;i+=2){  
        vstup[i] = iCustom(NULL,0,"Heiken Ashi.ex4",2,i);  
        vstup[i+1] = iCustom(NULL,0,"Heiken Ashi.ex4",3,i);  
    }  
  
    minim = ArrayMinimum(vstup);  
    maxim = ArrayMaximum(vstup);  
  
    for(i=0;i<num_input;i++){  
        normalizace[i] = (vstup[i] - vstup[minim]) / (vstup[maxim]-vstup[minim]);  
        Print("Normalizace: " + normalizace[i]);  
    }  
}
```

Obrázek 16: Normalizace vstupů do neuronové sítě (Zdroj: Vlastní zpracování)

Na obrázku je vidět, jak jsem řešil problematiku normalizace vstupů do neuronové sítě pomocí metody min-max. Je zde také poprvé vidět, jaké vůbec vstupy do sítě jsou. Jsou jimi tedy hodnoty indikátoru Heiken Ashi, který je použit pro potvrzení otevírání pozic a zároveň také k jejich případnému uzavření.

Co se týká managementu peněz, jedním z nejdůležitějších faktorů je samotná velikost obchodní pozice. Tedy konkrétně kolik lotů se rozhodneme do jednotlivých pozic vložit. V tomto automatickém obchodním systému jsem to řešil tímto způsobem:


```
double Risk = 0.05;
double Lots=NormalizeDouble(AccountFreeMargin()*Risk/1000.0,1);
```

Obrázek 17: Výše Lot size (Zdroj: Vlastní zpracování)

Na obrázku s kódem je vidět, že proměnná Risk v sobě drží procentní hodnotu, jakou jsme ochotni potencionálně riskovat – v tomto případě 5 %. Samotné loty jsou poté vypočteny jako vynásobení risku s použitelnými peněžními prostředky na účtu.

Co se týká uzavírání pozic, tak se jedná především o hodnoty Stop loss a Take profit, které jsou získány pomocí optimalizace z historického období.

Celý program proběhne pouze jednou v rámci vytvoření svíčky. Jinými slovy proběhne jednou za den (kvůli použití denního grafu) pouze při vytvoření nové svíčky. To je obstaráno pomocí následujícího poměrně známého způsobu, jak napsat kód pro tuto potřebu. Vytvořil jsem funkci, která porovnává hodnotu, kdy se otevře svíčka, se skutečným časem. Proměnná timecheck je typu static datetime.

```
bool nova_candle () {
    if (timecheck != Time[0]) {
        timecheck = Time[0];
        return (true);
    }
    return (false);
}
```

Obrázek 18: Timecheck kód (Zdroj: Vlastní zpracování)

Systém funguje tak, že se neuronová síť nejprve utvoří a poté při ukončení fungování automatického obchodního systému, se uloží v podobě .NET souboru do předem vytvořené složky, kterou je možné specifikovat v kódu programu. Z tohoto souboru je později neuronová síť načtena a použita pro filtrování otevírání obchodních pozic. Jsou tedy vytvořeny dva obchodní systémy, jeden pro uložení neuronové sítě (HeikenAshiNNsave) a druhý pro její následné použití (HeikenAshiNNload).

V programu HeikenAshiNNsave jsou použity funkce z knihovny fann2mql pro vytvoření neuronové sítě, a to konkrétně f2M_create_standard pro vytvoření neuronové sítě, jak již bylo řečeno, dále f2M_train pro naučení sítě a nakonec f2M_save pro uložení sítě v sekci deinit pro ukončení fungování obchodního systému, kde se také používá f2M_destroy díky kterému se smaže z paměti počítače takzvaný handler sítě.

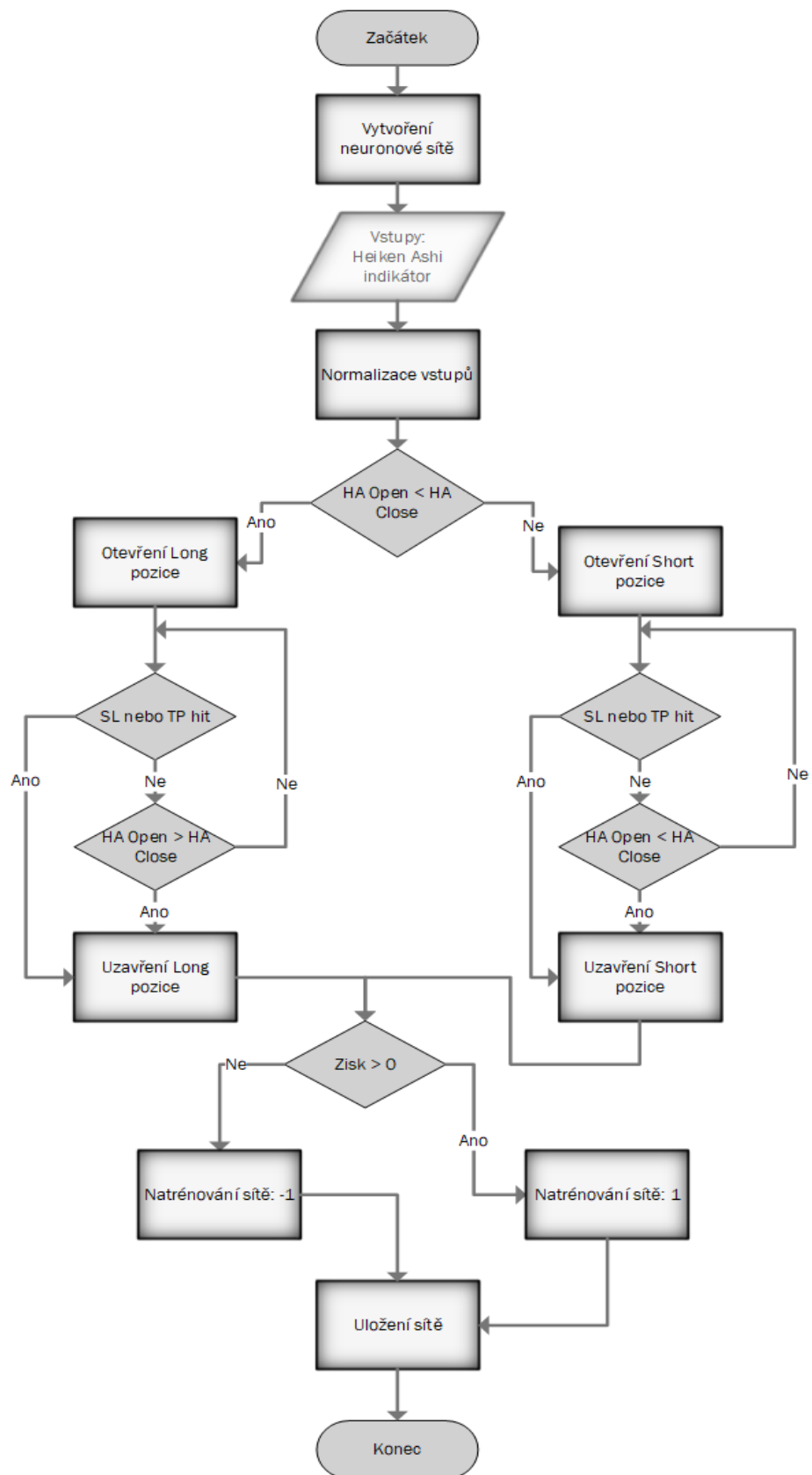
Program HeikenAshiNNload slouží pro načtení námi vytvořené neuronové sítě a jsou zde použity tyto funkce z knihovny fann2mql f2M_create_from_file pro vytvoření sítě z našeho vytvořeného .net souboru, f2M_run pro spuštění sítě, f2M_get_output pro získání výstupu ze sítě, a nakonec se znovu vymaže handler sítě.

```
for(i=0;i<num_networks;i++){  
    OutputArray[i] = run_output(neuralArray[i],normalizace);  
}
```

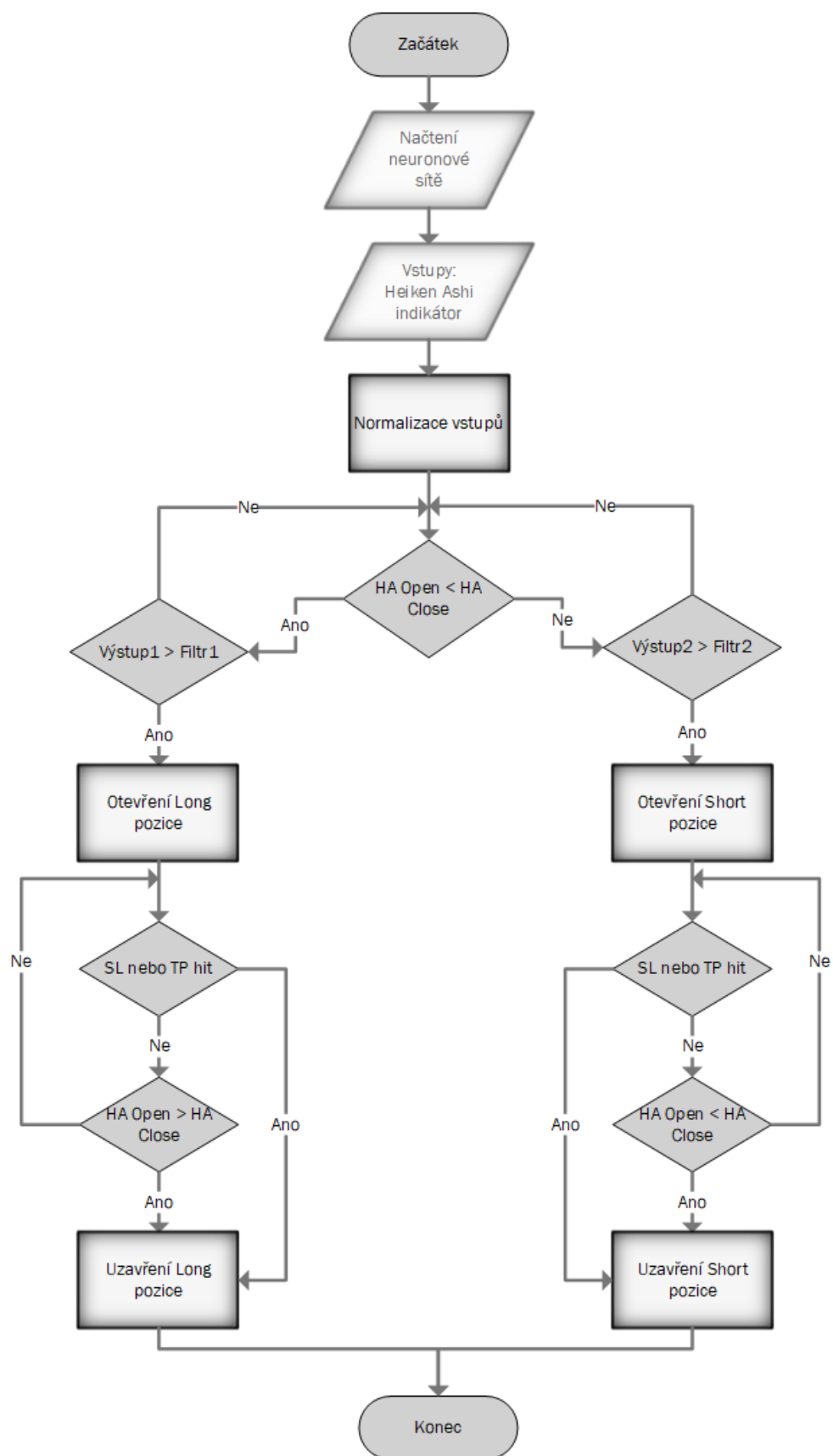
Obrázek 19: Spuštění sítě a získání outputu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Samotné otevírání pozic funguje na principu indikátoru Heiken Ashi. Pokud je otevírací hodnota tohoto indikátoru vyšší než zavírací hodnota a zároveň je námi nastavený filtr (získaný pomocí Strategy Testeru) vyšší než výstup z dané načtené sítě, tak se otevře short pozice. A pokud je tomu naopak (Heiken Ashi Open nižší než Heiken Ashi Close), tak se otevře long pozice.

Bližší je princip vytvoření, načtení a použití neuronové sítě a celého systému popsán následujícími dvěma vývojovými diagramy.



Obrázek 20: Vývojový diagram vytvoření a trénování sítě (Zdroj: Vlastní zpracování)

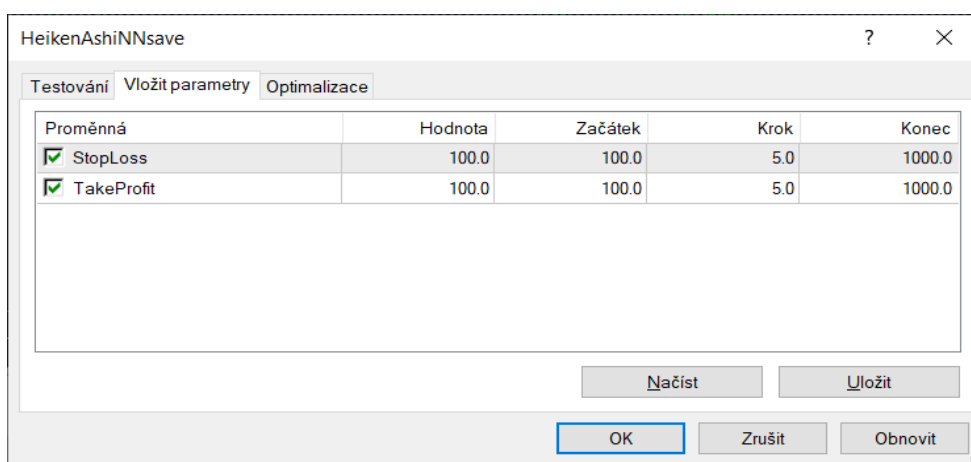


Obrázek 21: Vývojový diagram použití sítě (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.8 Použití strategie

V této sekci práce si popíšeme, jakým způsobem je možné strategii použít v praxi. Použiji ji nejprve na měnovém páru EUR/USD jakožto ukázkou a později v práci provedu testování na dalších měnových párech.

V předchozí kapitole jsme si popsali, jakým způsobem strategie funguje, pro správné použití je tedy nejprve potřeba optimalizovat hodnoty Stop loss a Take profit systému pro uložení neuronové sítě. Optimalizuji v období od 4.7.2017 do 4.7.2020, tedy období tři let, což by měla být dostatečně dlouhá doba na správné naučení sítě.



Obrázek 22: Optimalizace Stop loss a Take profit (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)

Optimalizace hodnot probíhá pomocí zabudovaného Strategy Testeru v MetaTraderu 4, který funguje na bázi genetického algoritmu a hledá nejvhodnější řešení. Začáteční hodnotu pro optimalizaci SL i TP jsem zvolil 100, jelikož nižší hodnoty by mohly způsobit overfitting systému, což by znamenalo, že systém bude výborně fungovat na historických datech, na kterých je optimalizován, ale nejspíše by fungoval o dost hůře na reálných dopředných datech. Step (neboli krok), který nám říká, o kolik se začáteční hodnoty budou měnit, je nastaven na 5. Konečná hodnota, přes kterou již optimalizace nebude probíhat je nastavena na 1000. Spread jsem nastavil na aktuální, který byl v dobu optimalizace na hodnotě 12.

Po této optimalizace je výsledná hodnota Stop loss 100 a Take profit 180, což nám zajistí čistý zisk 2 494 dolarů. S takto nastaveným systémem spustíme AOS s názvem HeikenAshiNNsave ve stejném časovém rozmezí, tím se nám vytvoří v předem vytvořené složce dva .NET soubory s konfigurací neuronové sítě pro long pozice a short pozice.

Nyní přejdeme do druhého systému HeikenAshiNNload, kde budeme ve stejném časovém horizontu (od 4.7.2017 do 4.7.2020) optimalizovat hodnoty pro Filtr1 a Filtr2, které by nám měly vyfiltrovat špatné trady. Proměnné pro optimalizaci jsou následující – začátek je nastaven na hodnotu -1, krok je nastaven na 0,00005, což by mělo pokrýt dostatečně velký prostor (5 desetinných míst) a konečná hodnota optimalizace je na hodnotě +1, jelikož výstupy ze sítě nebudou mít jinou hodnotu nežli v rozmezí od -1 do +1. Nejprve optimalizují Filtr1 s vypnutým Filtrem2 (zakomentování v kódu) a z obav z přeučení hledám takový filtr, který nevyfiltruje všechny obchodní pozice v long straně, ale zároveň všechny nenechá. Hledám tedy nejziskovější Filtr, který nevyfiltruje všechny trady na jedné straně. Pokud se totiž vybere ten absolutně nejziskovější model, většinou se stane to, že se naprosto zruší veškeré obchody buďto na long nebo short straně, což by rozhodně vedlo k přeučení a my chceme hlavně, aby systém fungoval správně na datech, které předem neviděl (out of sample analýza). Stejný postup je poté použit pro získání Filtru2.

Výsledné filtry vypadají takto: Filtr1 = -0,01625 a Filtr2 = -0,6091. S takto nastavenými filtry je možné automatický obchodní systém otestovat na stejných historických datech a tím zjistit, jestli funguje správně. A také tím zjistit, jestli neuronové filtrování nám vytvořilo ziskovější obchodní systém oproti použití bez daného filtrování či nikoliv.

Výsledky z období od 4.7.2017 do 4.7.2020 – což je tedy in sample analýza – jsou vidět v následující tabulce.

Tabulka 49: EUR/USD výsledky in-sample (Zdroj: Vlastní zpracování)

In-Sample		
	Bez filtrů	S filtry
Počáteční depozit	\$10 000,00	\$10 000,00
Filtr1 (Long)	Není	-0,01625
Filtr2 (Short)	Není	-0,6091
Stop loss	100	100
Take profit	180	180
Hrubý zisk	\$20 358,00	\$12 384,00
Hrubá ztráta	\$17 864,00	\$7 515,20
Celkový čistý zisk	\$2 494,00	\$4 868,80
Ziskový faktor	1,14	1,65
Absolutní pokles	\$208,5	\$242,5
Transakce celkem	435	215
Short pozice	219	4
Ziskové Short pozice %	32,88%	25%
Long pozice	216	211
Ziskové Long pozice %	51,39%	51,66%
Ziskové obchody celkem	183	110
Ztrátové obchody celkem	252	105

Z tabulky je možné vidět, že filtrování pomocí neuronové sítě funguje poměrně dobře. Celkový počet transakcí se snížil o 220 obchodních pozic. Jelikož short pozice byly ziskové pouze ve 32,88 % případů, filtr nám zredukoval short pozice z počtu 219 na pouhé 4 short pozice (stále ale 3 z těchto 4 pozic byly ztrátové). Long pozice byly původně ziskové ve více než 50 procentech případů, celkový počet dlouhých pozic se snížil z 216 na 211 a jejich úspěšnost z 51,39 % na 51,66 %. Velkou změnu můžeme vidět v položce ziskový faktor, který se zvýšil z 1,14 na 1,65, což je velmi slibné navýšení.



Graf 8: Graf zůstatku EUR/USD in-sample bez filtrování (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)



Graf 9: Graf zůstatku EUR/USD in-sample s filtrováním (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)

Z předešlých dvou grafů je poznat, že s použitým filtrováním proběhlo méně tradů a daná křivka veškerého zůstatku je stálejší a poměrně vyrovnanější a hladší.

Nyní je potřeba přejít na out-of-sample analýzu, která proběhne v časovém období od 4.7.2020 do 30.3.2021 tedy v období přibližně devíti měsíců. Testování na datech, pro které náš systém není optimalizovaný nám teprve řekne, jak si skutečně vede.

Tabulka 50: EUR/USD výsledky out-of-sample (Zdroj: Vlastní zpracování)

Out-Of-Sample		
	Bez filtrů	S filtry
Počáteční depozit	\$10 000,00	\$10 000,00
Filtr1 (Long)	Není	-0,01625
Filtr2 (Short)	Není	-0,6091
Stop loss	100	100
Take profit	180	180
Hrubý zisk	\$4 680,00	\$3 402,00
Hrubá ztráta	\$3 438,40	\$1 500,80
Celkový čistý zisk	\$1 241,60	\$1 901,20
Ziskový faktor	1,36	2,27
Absolutní pokles	\$77	\$21
Transakce celkem	103	59
Short pozice	44	1
Ziskové Short pozice %	27,27%	0%
Long pozice	59	58
Ziskové Long pozice %	61,02%	60,34%
Ziskové obchody celkem	48	35
Ztrátové obchody celkem	55	24

Z tabulky je možné vidět, že i v rámci dat, na kterých obchodní systém nebyl optimalizován a ani neuronová síť tyto data neviděla, tak systém s neuronovým filtrováním fungoval lépe nežli systém bez filtrování. Systém s filtrováním vydělal o 659,60 dolaru více a ziskový faktor se zvýšil z hodnoty 1,36 na hodnotu 2,27. Úspěšnost krátkých pozic bez použití filtrování byla pouze 27,27 % a proto systém s filtrováním otevřel pouze jednu short pozici. Tato pozice ale stále byla ztrátová. Systém také vyfiltroval jednu dlouhou pozici, když snížil počet long pozic z 59 na 58. Celkově je možné vidět, že rozdíl mezi ziskovými a ztrátovými obchody se změnil z počtu -7 na 11, což je velmi kvalitní zvýšení a máme díky tomu ziskovější automatický obchodní systém.



Graf 10: Graf zůstatku EUR/USD out-of-sample bez filtrování (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)



Graf 11: Graf zůstatku EUR/USD out-of-sample s filtrováním (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)

Z předešlých dvou grafů můžeme vidět rozdíly v pohybech ceny a otevřených pozic v rámci našeho AOS, kdy druhý graf popisuje průběh se zapnutým neuronovým filtrováním a můžeme tedy vidět, že je na konec ziskovější.

3.9 Testování na jiných měnových párech

Testování na dalších měnových párech, vybraných dle kapitoly 3.3, proběhne stejným způsobem, jak je popsáno v předešlé kapitole o použití strategie. Také na stejném časovém úseku, tedy pro in-sample (data, na kterých je systém optimalizován) od 4.7.2017 do 4.7.2020 a pro out-of-sample analýzu (data, které systém předem neviděl) od 4.7.2020 do 30.3.2021. Spread je vždy určen podle jeho hodnoty při testování.

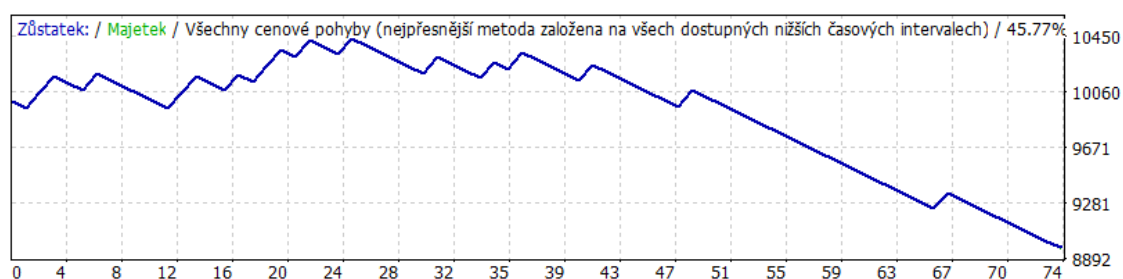
GBP/AUD

Tabulka 51: Výsledky GBP/AUD (Zdroj: Vlastní zpracování)

	In-Sample		Out-of-Sample	
	Bez filtrů	S filtry	Bez filtrů	S filtry
Symbol	GBP/AUD	GBP/AUD	GBP/AUD	GBP/AUD
Spread	26	26	26	26
Počáteční depozit	\$10 000,00	\$10 000,00	\$10 000,00	\$10 000,00
Filtr1 (Long)	Není	0,447	Není	0,447
Filtr2 (Short)	Není	-0,0408	Není	-0,0408
Stop loss	100	100	100	100
Take profit	290	290	290	290
Hrubý zisk	\$15 865,31	\$13 432,04	\$2 756,19	\$1 791,82
Hrubá ztráta	\$13 943,24	\$8 423,25	\$4 001,57	\$2 821,94
Celkový čistý zisk	\$1 922,07	\$5 008,79	-\$1 245,38	-\$1 030,12
Ziskový faktor	1,14	1,59	0,69	0,63
Absolutní pokles	\$379,22	\$156	\$1245,38	\$1030,12
Transakce celkem	406	238	109	74
Short pozice	206	43	50	15
Ziskové Short pozice %	21,84%	20,93%	22,00%	13,33%
Long pozice	200	195	59	59
Ziskové Long pozice %	45,00%	45,64%	23,73%	23,73%
Ziskové obchody celkem	135	98	25	16
Ztrátové obchody celkem	271	140	84	58

Zde je samozřejmě nejdůležitější se dívat na výsledky z out-of-sample analýzy se zapnutým neuronovým filtrováním. Přestože celkový čistý zisk je záporný (a tedy nám vznikla ztráta), tak nám filtrování pomocí neuronové sítě zachránilo \$215,26. V in-sample analýze nám filtrování zvýšilo zisk o \$3086,72, to ale nic nemění na tom, že na datech, na kterých systém nebyl optimalizován, tak nepracoval ziskově. V out-of-sample

analýze se změnil počet krátkých pozic ze 50 na 15, ale počet dlouhých pozic zůstal stejný na čísle 59. Je to způsobené tím, že v in-sample analýze dlouhé pozice byly ziskové ve 45 % případů (jen s optimalizovaným SL a TP) a tedy nepotřebovaly takové filtrování, ale na nových datech tyto long pozice byly ziskové jen v 23,73 % tradů, což zapříčinilo, že hodnota filtru pro dlouhé pozice (filtr1) nebyla vhodná i při provádění out-of-sample analýzy.



Graf 12: Graf zůstatku GBP/AUD Out-Of-Sample s filtrováním (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)

AUD/CHF

Tabulka 52: Výsledky AUD/CHF (Zdroj: Vlastní zpracování)

	In-Sample		Out-of-Sample	
	Bez filtrů	S filtry	Bez filtrů	S filtry
Symbol	AUD/CHF	AUD/CHF	AUD/CHF	AUD/CHF
Spread	23	23	23	23
Počáteční depozit	\$10 000,00	\$10 000,00	\$10 000,00	\$10 000,00
Filtr1 (Long)	Není	0,792	Není	0,792
Filtr2 (Short)	Není	0,41	Není	0,41
Stop loss	490	490	490	490
Take profit	145	145	145	145
Hrubý zisk	\$18 557,30	\$4 664,09	\$4 230,00	\$2 617,12
Hrubá ztráta	\$20 561,14	\$4 194,88	\$6 692,74	\$1 632,99
Celkový čistý zisk	-\$2 003,84	\$469,21	-\$2 462,74	\$984,13
Ziskový faktor	0,9	1,11	0,63	1,6
Absolutní pokles	\$2 990,20	\$985,36	\$2 884,44	\$266,44
Transakce celkem	390	76	99	42
Short pozice	198	0	41	0
Ziskové Short pozice %	68,18%	0,00%	48,78%	0,00%
Long pozice	192	76	58	42
Ziskové Long pozice %	78,12%	77,63%	77,59%	80,95%
Ziskové obchody celkem	285	59	65	34
Ztrátové obchody celkem	105	17	34	8

U měnového páru AUD/CHF bohužel strategy tester v MetaTraderu4 nebyl schopen nalézt u in-sample analýzy pouze za pomoci SL a TP ziskový výsledek, a tak jsem se rozhodl stanovit daný Stop loss a Take profit jakožto nejziskovější výsledek z optimalizace, který byl tedy ztrátou více než dvou tisíc dolarů. To se ale změnilo pomocí neuronového filtrování, kdy ale bohužel tester také nenašel žádné vhodné řešení pro filtr2, a tak jsem se rozhodl použít to nejnížší možné číslo, které nám smaže všechny trasy na short straně, aby vznikla naděje, že při reálném tradování nějaké short trasy, které by byly ziskové se provedou. Po použití filtrování za pomoci výstupů z vytvořené neuronové sítě nám v in-sample testování vznikl zisk. Konkrétně se jedná o zisk v hodnotě \$469,21 a také ziskový faktor se zvýšil z hodnoty 0,9 na hodnotu 1,11. Dále v rámci in-sample analýzy se počet transakcí snížil z 390 na pouhých 76 a všechny tyto transakce byly na dlouhé straně. Pokud se přesuneme do důležitější out-of-sample analýzy, tak můžeme vidět, že bez použití neuronových filtrů byl systém opět ztrátový, ale s využitím této neuronové sítě nám automatický obchodní systém opět poskytl zisk. Znovu systém snížil počet celkových transakcí z hodnoty 99 na hodnotu 42 a těchto 42 tradů bylo pouze na long straně. Na datech, na kterých nebyl systém optimalizován se díky použití neuronové sítě změnil výsledek z -\$2 462,74 na \$984,13, což je změna o hotových \$3 446,87. Také ziskový faktor se posunul z hodnoty 0,63 na hodnotu 1,6. A absolutní pokles se také snížil o více než \$2 600.



Graf 13: Zůstatek AUD/CHF Out-Of-Sample s filtrováním (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)

Z grafu je možné vidět ziskovost systému na měnovém páru AUD/CHF za pomoci filtrování dle výstupů z neuronové sítě a indikátoru Heiken Ashi na datech, na kterých systém nebyl optimalizován. Dále je možné vidět, že systém provedl 42 tradů od 4.7.2020 do 30.3.2021.

AUD/NZD

Tabulka 53: Výsledky AUD/NZD (Zdroj: Vlastní zpracování)

	In-Sample		Out-of-Sample	
	Bez filtrů	S filtry	Bez filtrů	S filtry
Symbol	AUD/NZD	AUD/NZD	AUD/NZD	AUD/NZD
Spread	25	25	25	25
Počáteční depozit	\$10 000,00	\$10 000,00	\$10 000,00	\$10 000,00
Filtr1 (Long)	Není	-0,37445	Není	-0,37445
Filtr2 (Short)	Není	-0,2903	Není	-0,2903
Stop loss	750	750	750	750
Take profit	605	605	605	605
Hrubý zisk	\$22 811,61	\$17 408,50	\$5 564,60	\$3 570,96
Hrubá ztráta	\$20 910,93	\$14 095,52	\$4 165,18	\$2 832,42
Celkový čistý zisk	\$1 900,68	\$3 312,98	\$1 399,42	\$738,54
Ziskový faktor	1,09	1,24	1,34	1,26
Absolutní pokles	\$1 035,95	\$218,85	\$453,80	\$236,44
Transakce celkem	270	179	55	37
Short pozice	135	60	27	11
Ziskové Short pozice %	47,41%	51,67%	44,44%	27,27%
Long pozice	135	119	28	26
Ziskové Long pozice %	49,63%	47,90%	57,14%	57,69%
Ziskové obchody celkem	131	88	28	18
Ztrátové obchody celkem	139	91	27	19

Měnový pár australského dolaru a novozélandského dolaru je velice zajímavý, jelikož je to měna používaná mezi dvěma zeměmi, které se nachází v Oceánii a tyto země si jsou tedy poměrně blízké. Systém se v in-sample testování chová dle očekávání a s filtrováním má ziskovější výsledky. Naopak ale v out-of-sample backtestingu systém bez nastavených filtrů, který používá tedy jen hodnoty SL a TP, je o více než \$600 ziskovější. Stále se systém ale pohybuje v kladných hodnotách i s použitím neuronové sítě. Znamená to, že systém bohužel vyhodnotil i mnoho ziskových tradů jako ztrátové, a tedy je přes filtrování pomocí neuronové sítě nepustil.



Graf 14: Zůstatek AUD/NZD Out-Of-Sample s filtrováním (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)

CAD/JPY

Tabulka 54: Výsledky CAD/JPY (Zdroj: Vlastní zpracování)

	In-Sample		Out-of-Sample	
	Bez filtrů	S filtry	Bez filtrů	S filtry
Symbol	CAD/JPY	CAD/JPY	CAD/JPY	CAD/JPY
Spread	14	14	14	14
Počáteční depozit	\$10 000,00	\$10 000,00	\$10 000,00	\$10 000,00
Filtr1 (Long)	Není	-0,3498	Není	-0,3498
Filtr2 (Short)	Není	-0,2283	Není	-0,2283
Stop loss	685	685	685	685
Take profit	770	770	770	770
Hrubý zisk	\$40 340,15	\$43 039,18	\$6 798,79	\$3 375,92
Hrubá ztráta	\$37 217,33	\$34 914,81	\$5 955,63	\$3 862,50
Celkový čistý zisk	\$3 122,82	\$8 124,37	\$843,16	-\$468,58
Ziskový faktor	1,08	1,23	1,14	0,87
Absolutní pokles	\$1 367,15	\$485,68	\$478,58	\$486,58
Transakce celkem	245	196	57	35
Short pozice	127	119	25	24
Ziskové Short pozice %	47,24%	47,90%	32,00%	33,33%
Long pozice	118	77	32	11
Ziskové Long pozice %	42,37%	49,35%	53,12%	45,45%
Ziskové obchody celkem	110	95	25	13
Ztrátové obchody celkem	135	101	32	22

Z výsledků tohoto měnového páru je možné vyčíst, že filtrování v optimalizovaném období bylo vysoce ziskové (+ \$8 124,37). I přesto ale v out-of-sample testování se systém změnil ze ziskového na ztrátový, právě kvůli použití jednotlivých filtrů. Bez

Zůstatek: / **Majetek** / Všechny cenové pohyby (nejpřesnější metoda založena na všech dostupných nižších časových intervalech) / 52.75%

Period	Balance (Zůstatek)
0	10112
1	10100
2	10080
3	10050
4	10020
5	10150
6	10200
7	10180
8	10150
9	10100
10	10150
11	10150
12	10120
13	10250
14	10250
15	10350
16	10500
17	11523
18	11400
19	11350
20	11250
21	11400
22	11350
23	11350
24	11150
25	11150
26	11150
27	11050
28	11050
29	11150
30	11100
31	11050
32	11000
33	10950
34	10850
35	9407

EUR/GBP

	In-Sample		Out-of-Sample	
	Bez filtrů	S filtry	Bez filtrů	S filtry
Symbol	EUR/GBP	EUR/GBP	EUR/GBP	EUR/GBP
Spread	16	16	16	16
Počáteční depozit	\$10 000,00	\$10 000,00	\$10 000,00	\$10 000,00
Filtr1 (Long)	Není	0,7536	Není	0,7536
Filtr2 (Short)	Není	0,2145	Není	0,2145
Stop loss	920	920	920	920
Take profit	105	105	105	105
Hrubý zisk	\$20 969,24	\$7 425,00	\$4 394,43	\$1 293,14
Hrubá ztráta	\$21 818,66	\$4 971,12	\$6 613,27	\$3 509,25
Celkový čistý zisk	-\$849,42	\$2 453,88	-\$2 218,84	-\$2 216,11
Ziskový faktor	0,96	1,49	0,66	0,37
Absolutní pokles	\$2 798,70	\$907,47	\$3 063,75	\$3 049,24
Transakce celkem	378	108	96	31
Short pozice	177	45	56	13
Ziskové Short pozice %	75,14%	84,44%	73,21%	53,85%
Long pozice	201	63	40	18
Ziskové Long pozice %	87,56%	90.48%	85,00%	83,33%
Ziskové obchody celkem	309	95	75	22
Ztrátové obchody celkem	69	13	21	9

87

backtesting nedopadl vůbec dobře – velice ztrátově v hodnotě více než dvou tisíc dolarů. Použití neuronové sítě nám ale v out-of-sample datech zachránilo přes dva dolary, což je ale bohužel poměrně zanedbatelné číslo.

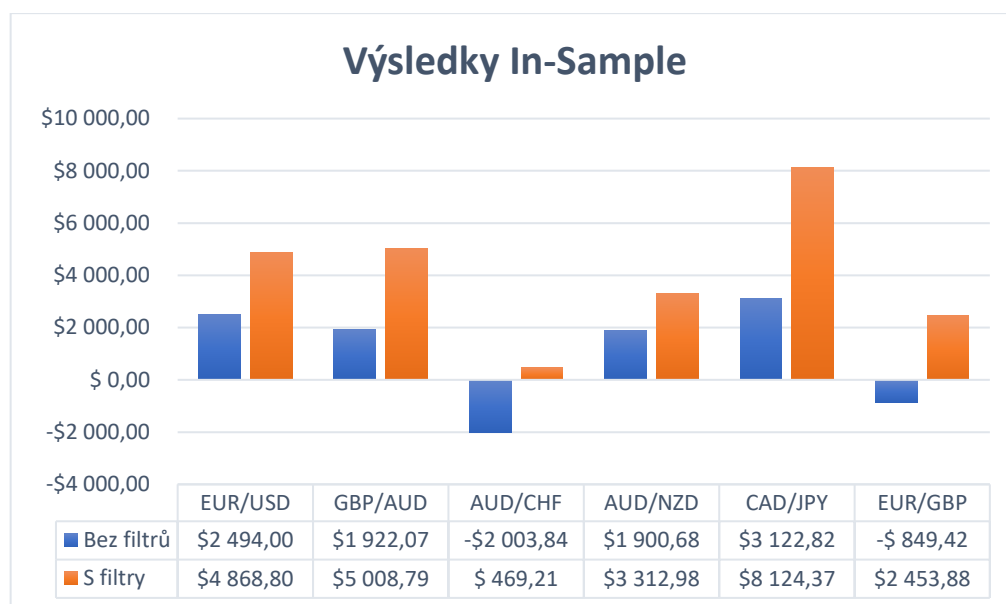


Graf 16: Zůstatek EUR/GBP Out-Of-Sample s filtrováním (Zdroj: Vlastní zpracování, MetaTrader4)

3.10 Zhodnocení navržené strategie

Důležité je také říct, že pro všechny testované měnové páry bylo při trénování sítě získány hodnoty MSE (mean squared error – střední kvadratická odchylka) pomocí funkce z FANN knihovny s názvem `f2M_get_MSE`, které se pohybovaly v rozmezí od 0,05 do přibližně zaokrouhlených hodnot okolo 0,3, přičemž většina naučení byla v rozmezí od 0,15 – 0,18. U MSE platí, že čím menší číslo to je, tím se síť lépe učí na uvedených příkladech, což by znamenalo, že čím menší číslo máme, tím lépe, ale právě že nechceme, aby tyto hodnoty byly na 0, protože by to znamenalo, že síť umí aplikovat své poznatky přímo právě na danou situaci, která se při tréninku naskytla, ale už by měla potíže s aplikací na datech, které předtím neviděla. Tudíž moc nízké hodnoty MSE by znamenaly přeučení sítě, což se zde rozhodně neděje a hodnoty získaného MSE jsou dle mého názoru adekvátní.

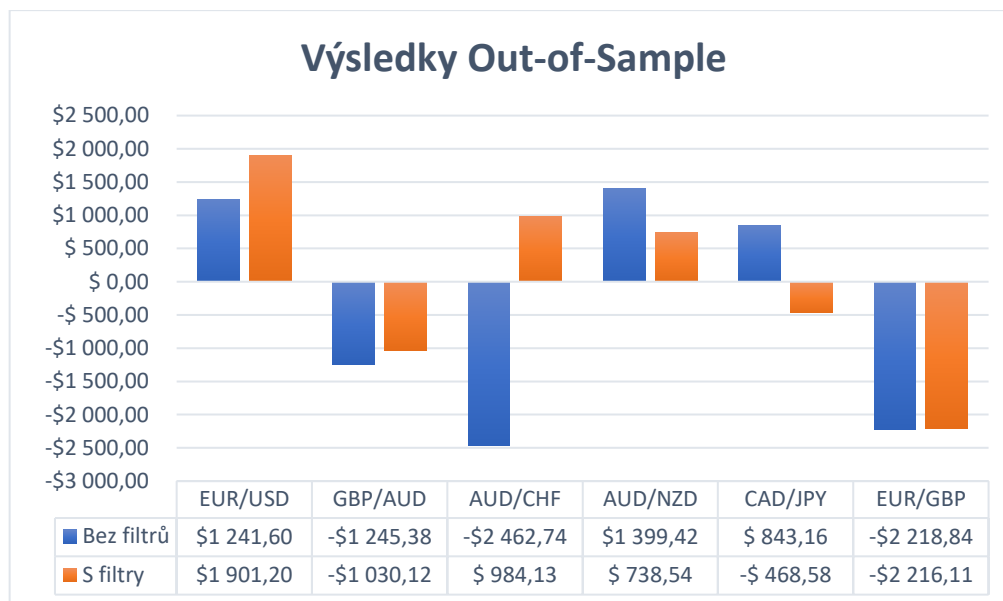
Co se týče čistě ekonomického zhodnocení, tak celkem očekávaně vytvořený systém fungoval lépe na datech, na kterých byl optimalizován – a to ve všech případech a s použitím neuronového filtrování ziskově. Nejlépe na tom byl v tomto případě měnový pár kanadského dolaru a japonského jenu, kdy automatický obchodní systém dosáhl zisku \$8 124,37. V in-sample analýze fungoval systém lépe ve všech případech s použitím neuronové sítě nežli bez ní, a to poměrně podstatně.



Graf 17: Výsledky s filtrováním In-Sample (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z předešlého grafu je možné vidět shrnutí skutečných zisků v in-sample analýze s použitím neuronového filtrování i bez něj. Je tedy vidět, že použití neuronové sítě funguje a má svůj význam alespoň při sestavení in-sample analýzy, jelikož všechny výsledky se po použití neuronového filtrování zlepšily a některé (jako například GBP/AUD nebo CAD/JPY) téměř až třikrát tolik. Takovéto výsledky se ale daly jednoznačně očekávat, jelikož se jedná o backtesting na datech, na kterých byl AOS optimalizován a naučen, a tedy tyto data nemusí nutně představovat realitu, která by nastala, pokud bychom použili systém při reálném obchodování.

Naopak vyšší vypovídající hodnotu o kvalitě a schopnostech navrženého automatického obchodního systému a použité strategie by nám mělo poskytnout out-of-sample backtestování, jelikož systém takto použitá historická data předem neviděl, a tedy na ně musí reagovat stejně jako by to bylo při reálném obchodování.



Graf 18: Výsledky s filtrováním Out-Of-Sample (Zdroj: Vlastní zpracování)

Z výsledků celkové out-of-sample analýzy je možné vidět, že ve čtyřech z šesti případů fungoval systém lépe s použitím neuronové sítě nežli bez ní. Ve dvou z těchto šesti případů fungoval tedy lépe bez použití filtrů. Zajímavé je, že jedním z těchto párů, kdy systém fungoval hůře je právě měnový pár CAD/JPY, který v in-sample analýze utvořil zisk přes 8 tisíc dolarů s použitím neuronové sítě, ale na neoptimalizovaných datech s použitím této sítě měl ztrátu \$468,58 – to může být způsobeno tím, že se daná neuronová síť nejspíše přeučila při učení sítě a neperformovala tedy kvalitně na datech, které systém neměl šanci předem znát. Druhým měnovým párem, který fungoval hůře s použitím filtrování, je AUD/NZD, který ale na rozdíl od CAD/JPY byl v obou případech ziskový. Přijde mi důležité podotknout, že out-of-sample analýza byla prováděna v datech od 4.7.2020 do 30.3.2021, což je tedy něco málo pod devět měsíců. Jelikož z výsledků plyne, že pokud si systém vedl dobře bez použití filtrů, tak si vedl o něco hůře s jejich použitím (kromě EUR/USD), ale pokud si vedl špatně bez neuronové sítě, tak si s ní následně vedl lépe. Bylo by tedy zajímavé sledovat out-of-sample analýzu déle, jestli by zafungovala neuronová síť a vyfiltrovala mnoho špatných tradů. Celkově bych výsledky navržené strategie hodnotil jako vesměs pozitivní a doporučil bych s ní obchodovat na měnovém páru EUR/USD, kdy byly výsledky vysoce kvalitní, jak v in-sample, tak i v out-of-sample backtestování.

Navržený automatický obchodní systém je tedy prakticky použitelný. Může si najít uplatnění v jakékoliv společnosti, která má zájem o zhodnocení svého kapitálu za pomoci obchodování na finančním trhu. Konkrétně na Forexu. Jiná možnost využití tohoto systému se naskytuje také pro použití v investiční společnosti nebo pro hedgeový fond, kde by si mohli tímto AOS zpestřit své investiční portfolio. V neposlední řadě je systém také možné využít pro osobní účely, jelikož obchodování na finančním trhu je samo o sobě podnikání. Dále je možné i samotný AOS monetizovat pomocí MQL5 Marketplace, kde by si ho uživatelé mohli zakoupit a začít ho používat oni samotní.

3.11 Shrnutí vlastního návrhu řešení

Ve třetí části diplomové práce ohledně vlastního návrhu řešení byl nejprve vybrán pomocí fuzzy logiky vhodný broker pro testování a obchodování vymyšlené strategie. Dále byla sestavena SOM, která porovnávala podobnosti v jednotlivých měnových pářích dle volume a z vytvořených shluků byly vybrány měnové páry, na kterých se bude strategie testovat. Byl také popsán návrh automatického obchodního systému vytvořeného za pomoci knihovny FANN, která dokáže vytvořit umělé neuronové sítě. Tato strategie byla také následně použita a backtestována v in-sample i out-of-sample analýze na vybraných měnových párech. Nakonec byly shrnuty výsledky automatického obchodního systému a formulovány závěry.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývala spojenou problematikou ohledně obchodování, technické analýzy a umělé inteligence. Hlavním cílem práce bylo vytvořit automatický obchodní systém pro trh s cizími měnami za pomoci metod technické analýzy a využití principů umělé inteligence. Takto vytvořený systém byl vytvořen ve třetí části diplomové práce – ve vlastním návrhu řešení.

Práce byla rozdělena na tři části. První část se týkala popsání teoretických východisek, konkrétněji byly detailně popsány pojmy z oblasti obchodování, technické analýzy, fundamentální analýzy, psychologické analýzy, finančních trhů s důrazem kladeným na Forex, fuzzy logiky, umělých neuronových sítí, genetických algoritmů a programových prostředí typu MS Excel, MATLAB, MT4 a MT5.

Ve druhé části práce, která se týkala popsání současného stavu problematiky, byl nejprve popsán prostor pro nákup a prodej vytvořených automatických obchodních systémů v podobě MQL5 Marketplace. Dále byly vytvořeny SLEPT analýzy zemí, které používají jako svou národní měnu jednu z hlavních měn, což nám poskytlo dobré začáteční pole jakožto popsání fundamentu pro vývoj hlavních měn. Nakonec této části byly popsány tři brokerské společnosti, ze kterých se poté ve vlastním návrhu řešení za pomoci fuzzy logiky vybíral vhodný kandidát na brokera.

Nakonec byla utvořena třetí část diplomové práce ohledně vlastního návrhu řešení, kde nejprve byl vybrán vhodný broker pomocí fuzzy logiky, kterým byl zvolen broker Oanda. Poté byly vybrány měnové páry vhodné na optimalizaci a backtestování vytvořené strategie pomocí programu MATLAB a použitím samo-organizující se mapy. Konkrétní strategie byla založena na technickém indikátoru Heiken Ashi a použití čtyřvrstvé dopředné backpropagation neuronové sítě vytvořené pomocí knihovny FANN (fann2mql) v platformě MT4 a programovacím jazyce MQL4. MT4 byl použit z důvodu lepšího prostředí pro trading a také z cenového hlediska.

Neuronová síť byla naučena na datech od 4.7.2017 do 4.7.2020, tato data byla také tedy použita pro in-sample analýzu. Systém byl také testován v out-of-sample analýze v datech od 4.7.2020 do 30.3.2021. Testování bylo také rozděleno na systém bez použití

neuronové sítě a s použitím neuronové sítě – a to hlavně z důvodu, aby bylo vidět, jakým způsobem neuronová síť funguje a jak moc kvalitně. Výsledky z in-sample analýzy byly s použitím neuronového filtrování vynikající, vždy lepší nežli pouze s použitím SL a TP. V in-sample analýze byly výsledky s použitím neuronové sítě také vždy ziskové. Po provedení out-of-sample backtestingu byly výsledky ve většině případů také lepší s využitím neuronové sítě nežli bez jejího použití. Ovšem ale hůře nežli při in-sample analýze, což se dalo jednoznačně očekávat.

System je tedy prakticky využitelný a může se používat na trhu s cizími měnami. Doporučil bych alespoň každých pár měsíců systému optimalizovat Take Profit a Stop Loss hodnoty a také bych doporučil pravidelně přeučovat neuronové sítě, aby se automatický obchodní systém udržoval vysoce aktuální.

Vytvořený AOS mohou tedy využít pro zhodnocování svého finančního kapitálu podniky, které by byly ochotné podstoupit riziko spojené s obchodováním na finančních trzích, podnikatelé, investiční společnosti, hedgeové fondy apod.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- (1) JANÁČ, Radek. *Automatické obchodní systémy, aneb, Forex Robot*. Brno: Tribun EU, 2016. ISBN 978-80-263-1055-6.
- (2) STIBOR, Michal. Vysvětlení základních pojmů. *Forex Zone* [online]. © 2008-2020 Forex Zone.cz [cit. 2021-01-27]. Dostupné z: <https://www.forex-zone.cz/blog/vysvetleni-zakladnich-pojmu>
- (3) REJNUŠ, Oldřich. *Finanční trhy*. 4., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2014. Partners. ISBN 978-80-247-3671-6.
- (4) Tým FXstreet.cz. Úvod do automatických obchodních systémů (AOS). *FXstreet.cz* [online]. 18.02.2019 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://www.fxstreet.cz/uvod-do-automatickych-obchodnich-systemu-aos.html>
- (5) VENCL, Jiří. Co jsou automatické obchodní systémy? *finex.cz* [online]. 23.05.2020 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://finex.cz/co-jsou-automaticke-obchodni-systemy/>
- (6) ThinkMarkets. Obchodní styly. *thinkmarkets.com* [online]. Copyright © 2021 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://www.thinkmarkets.com/cz/learn-to-trade/advanced/methods-to-analyse/>
- (7) STRÁNÍK, Tomáš. Swingové obchodování – objevte vzrušující investiční strategii. *Broker LYNX* [online]. [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://www.lynxbroker.cz/vzdelavani/swingove-obchodovani-vzrusujici-investicni-strategie/>
- (8) Obchod. *Co je obchod?*. [online]. © 2021 Capital Com SV Investments Ltd [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://capital.com/cs/obchod-definice>

- (9) OBITKO, Marek. Genetické algoritmy: Matrice života v počítačích. *ScienceWorld.cz*. [online]. 14.03.2001 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://www.scienceworld.cz/technologie/geneticke-algoritmy-matrice-zivota-v-pocitacich-4530/>
- (10) VYSOKÝ, Petr. Fuzzy logika – móda, či změna paradigmatu? - *Časopis Vesmír*. [online]. 05.06.1994 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/1994/cislo-6/fuzzy-logika-moda-ci-zmena-paradigmatu.html>
- (11) KAY, Russel. Fuzzy logika usnadňuje práci s informacemi. *computerworld.cz* [online]. 01.11.2004 [cit. 2021-01-28]. Dostupné z: <https://computerworld.cz/archiv/fuzzy-logika-usnadnuje-praci-s-informacemi-22379>
- (12) DURČÁK, Pavel. Neuronové sítě a princip jejich fungování. *napocitaci.cz* [online]. 08.09.2017 [cit. 2021-05-06]. Dostupné z: <https://www.napocitaci.cz/a1t3f>
- (13) DOSTÁL, Petr, Karel RAIS a Zdeněk SOJKA. *Pokročilé metody manažerského rozhodování: konkrétní příklady využití metod v praxi*. Praha: Grada, 2005. Expert (Grada). ISBN 80-247-1338-1.
- (14) VLACH, Jaroslav. Strojové zpracování obrazu: Fuzzy logika v praxi. *Matematicko-fyzikální fakulta Univerzity Karlovy* [online]. 20.07.2020 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://www.matfyz.cz/clanky/strojove-zpracovani-obrazu-fuzzy-logika-v-praxi>
- (15) SHARMA, Sagar. Activation Functions in Neural Networks. *Towardsdatascience.com* [online]. 06.09.2017 [cit. 2021-05-05]. Dostupné z: <https://towardsdatascience.com/activation-functions-neural-networks-1cbd9f8d91d6>
- (16) DOSTÁL, Petr. *Soft computing v podnikatelství a veřejné správě*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-7204-896-0.

- (17) Tým Admiral Markets. Co je Heiken Ashi a jak ho používat?. *fxstreet.cz* [online]. 09.01.2019 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://www.fxstreet.cz/tym-admiral-markets-co-je-heiken-ashi-a-jak-ho-pouzivat.html>
- (18) STIBOR, Michal. Obchodní hodiny na Forexu. *forex-zone.cz* [online]. © 2008-2020 [cit. 2021-05-09]. Dostupné z: <https://www.forex-zone.cz/blog/obchodni-hodiny-na-forexu>
- (19) Microsoft Excel. *microsoft.com* [online]. © Microsoft 2021 [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://www.microsoft.com/cs-cz/microsoft-365/excel>
- (20) MATLAB. *MathWorks* [online]. © 1994-2021 The MathWorks, Inc. [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://uk.mathworks.com/products/matlab.html>
- (21) HANSELMAN, D. a B. LITTLEFIELD. *Mastering MATLAB*. Pearson Education International Ltd., 2012. 852 s. ISBN 978-0-13-185714-2.
- (22) MetaTrader 4. *MetaQuotes* [online]. Copyright 2000-2021, MetaQuotes Ltd [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://www.metatrader4.com/>
- (23) MetaTrader 5. *MetaQuotes* [online]. Copyright 2000-2021, MetaQuotes Ltd [cit. 2021-05-08]. Dostupné z: <https://www.metatrader5.com/>
- (24) MetaQuotes. Why is MQL5 market the best place for selling trading strategies and technical indicators. *mql5.com* [online]. 09.07.2012 [cit. 2021-05-10]. Dostupné z: <https://www.mql5.com/en/articles/401>
- (25) NISSEN, Steffen. Fast Artificial Neural Network library (FANN). *leenissen.dk* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <http://leenissen.dk/fann/wp/>
- (26) HATZAKIS, Steven. Interactive Brokers Review. *forexbrokers.com* [online]. 13.04.2021 [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.forexbrokers.com/reviews/interactive-brokers>
- (27) HATZAKIS, Steven. XTB Review. *forexbrokers.com* [online]. 15.04.2021 [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.forexbrokers.com/reviews/xtb>

- (28) HATZAKIS, Steven. OANDA Review. *forexbrokers.com* [online]. 13.04.2021 [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.forexbrokers.com/reviews/oanda>
- (29) Evropská komise. Co je Eurozóna?. *ec.europa.eu* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/business-economy-euro/euro-area/what-euro-area_cs
- (30) OECD. Gross domestic product (GDP): Gross domestic product (annual). In: *OECD.Stat* [online]. [cit. 2021-04-19]. ISSN 2074-4390. Dostupné z: doi: 10.1787/data-00285-en
- (31) OECD. Consumer price indices (CPIs) - Complete database: Consumer prices – Annual inflation. In: *OECD.Stat* [online]. Date last updated 19.04.2021 03:46:27 [cit. 2021-04-19]. ISSN 2074-4390. Dostupné z: doi: 10.1787/data-00285-en
- (32) OECD. PPPs and exchange rates: Purchasing Power Parities for actual individual consumption. In: *OECD.Stat* [online]. [cit. 2021-04-19]. ISSN 2074-4390. Dostupné z: doi: 10.1787/data-00285-en
- (33) OECD. Average annual wages. In: *OECD.Stat* [online]. [cit. 2021-04-19]. ISSN 2074-4390. Dostupné z: doi: 10.1787/data-00285-en
- (34) Evropská komise. Goals of research and innovation policy. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/info/research-and-innovation/strategy/goals-research-and-innovation-policy_cs
- (35) OECD. Historical population. In: *OECD.Stat* [online]. [cit. 2021-04-20]. ISSN 2074-4390. Dostupné z: doi: 10.1787/data-00285-en
- (36) OECD. Health Status: Life expectancy. In: *OECD.Stat* [online]. [cit. 2021-04-20]. ISSN 2074-4390. Dostupné z: doi: 10.1787/data-00285-en
- (37) OECD. Patents by technology: Patents – total and specific technology domains (OECD). In: *OECD.Stat* [online]. Last update July 2020 [cit. 2021-04-27]. ISSN 2074-4390. Dostupné z: doi: 10.1787/data-00285-en

- (38) Eurozone. *babypips.com* [online]. Copyright © 2021 BabyPips.com LLC [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.babypips.com/learn/forex/euro-zone>
- (39) United States of America. *babypips.com* [online]. Copyright © 2021 BabyPips.com LLC [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.babypips.com/learn/forex/united-states-of-america>
- (40) Canada. *babypips.com* [online]. Copyright © 2021 BabyPips.com LLC [cit. 2021-04-30]. Dostupné z: <https://www.babypips.com/learn/forex/canada>
- (41) Australia. *babypips.com* [online]. Copyright © 2021 BabyPips.com LLC [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.babypips.com/learn/forex/australia>
- (42) New Zealand. *babypips.com* [online]. Copyright © 2021 BabyPips.com LLC [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.babypips.com/learn/forex/new-zealand>
- (43) Japan. *babypips.com* [online]. Copyright © 2021 BabyPips.com LLC [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.babypips.com/learn/forex/japan>
- (44) United Kingdom. *babypips.com* [online]. Copyright © 2021 BabyPips.com LLC. [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: https://www.babypips.com/learn/forex/united_kingdom
- (45) Switzerland. *babypips.com* [online]. Copyright © 2021 BabyPips.com LLC [cit. 2021-05-01]. Dostupné z: <https://www.babypips.com/learn/forex/switzerland>
- (46) WOŁOSZYN, Mariusz. Fann2Mql. *fann2mql* [online]. [cit. 2021-04-20]. Dostupné z: <https://fann2mql.wordpress.com/>
- (47) ForexSB. Historical Forex Data. *forexsb.com* [online]. Copyright © 2006–2021 Forex Software Ltd. [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://forexsb.com/historical-forex-data>
- (48) Tým TradeSmart.cz. Co je overfitting?. Tradesmart.cz [online]. 10.09.2018 [cit. 2021-05-14]. Dostupné z: <https://www.tradesmart.cz/co-je-overfitting-trading-terminologie/>

SEZNAM POUŽITÝCH OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Struktura finančního trhu	16
Obrázek 2: Obchodní seance Forex	18
Obrázek 3: Použití trend line na EUR/USD denním grafu	21
Obrázek 4: Ukázka indikátoru Heiken Ashi	22
Obrázek 5: Fuzzy zpracování	25
Obrázek 6: Model jednoduché neuronové sítě	27
Obrázek 7: Logo Interactive Brokers.....	54
Obrázek 8: Logo XTB	55
Obrázek 9: Logo OANDA.....	56
Obrázek 10: Matlab očištění dat Volume	64
Obrázek 11: Normalizace volume	64
Obrázek 12: Způsob vytvoření SOM.....	65
Obrázek 13: Vytvořená neuronová síť SOM.....	66
Obrázek 14: Parametry pro vytvoření sítě.....	70
Obrázek 15: Vytvoření neuronové sítě	71
Obrázek 16: Normalizace vstupů do neuronové sítě	72
Obrázek 17: Výše Lot size.....	73
Obrázek 18: Timecheck kód	73
Obrázek 19: Spuštění sítě a získání outputu	74
Obrázek 20: Vývojový diagram vytvoření a trénování sítě	75
Obrázek 21: Vývojový diagram použití sítě	76
Obrázek 22: Optimalizace Stop loss a Take profit	77

SEZNAM POUŽITÝCH TABULEK

Tabulka 1: Počet obyvatel v Evropské unii	35
Tabulka 2: HDP (GDP) Eurozóna	35
Tabulka 3: CPI – Inflace Eurozóna.....	36
Tabulka 4: Parita kupní síly Eurozóna.....	36
Tabulka 5: Počet obyvatel USA a Kanada.....	37
Tabulka 6: Naděje dožití USA a Kanada.....	37
Tabulka 7: Average annual wages USA a Kanada	38
Tabulka 8: HDP (GDP) Severní Ameriky	38
Tabulka 9: CPI – Inflace USA a Kanada	39
Tabulka 10: Parita kupní síly USA a Kanada	39
Tabulka 11: Počet patentů ICT a AI v USA a Kanadě	40
Tabulka 12: Počet obyvatel Austrálie a Nový Zéland	40
Tabulka 13: Naděje dožití Austrálie a Nový Zéland	41
Tabulka 14: Average annual wages Austrálie a Nový Zéland.....	41
Tabulka 15: HDP (GDP) Austrálie a Nový Zéland	42
Tabulka 16: CPI – Inflace Austrálie a Nový Zéland	42
Tabulka 17: Parita kupní síly Austrálie a Nový Zéland.....	42
Tabulka 18: Počet patentů ICT a AI v Austrálii a na Novém Zélandě	43
Tabulka 19: Počet obyvatel Japonska	43
Tabulka 20: Naděje dožití Japonsko	44
Tabulka 21: Average annual wages Japonsko	44
Tabulka 22: HDP (GDP) Japonsko.....	44
Tabulka 23: CPI – Inflace Japonsko	45
Tabulka 24: Parita kupní síly Japonsko	45
Tabulka 25: Počet patentů ICT a AI v Japonsku	45
Tabulka 26: Počet obyvatel Velké Británie	46
Tabulka 27: Naděje dožití Velká Británie	46

Tabulka 28: Average annual wages Velká Británie.....	46
Tabulka 29: HDP (GDP) Velká Británie	47
Tabulka 30: CPI – Inflace Velká Británie	47
Tabulka 31: Parita kupní síly Velká Británie.....	47
Tabulka 32: Počet patentů ve Velké Británii	48
Tabulka 33: Počet obyvatel Švýcarsko	48
Tabulka 34: Naděje dožití Švýcarsko	49
Tabulka 35: Average annual wages Švýcarsko	49
Tabulka 36: HDP (GDP) Švýcarsko	50
Tabulka 37: CPI – Inflace Švýcarsko	50
Tabulka 38: Parita kupní síly Švýcarsko	50
Tabulka 39: Počet patentů ICT a AI ve Švýcarsku.....	51
Tabulka 40: Transformační matice brokeři	59
Tabulka 41: Ohodnocená transformační matice brokeři.....	59
Tabulka 42: Srovnání jednotlivých brokerů pro fuzzy účely	60
Tabulka 43: Vstupní stavová matice XTB.....	60
Tabulka 44: Vstupní stavová matice Interactive Brokers	60
Tabulka 45: Vstupní stavová matice Oanda	60
Tabulka 46: Retransformační matice brokeři	61
Tabulka 47: Výsledek fuzzy brokeři.....	61
Tabulka 48: Ukázka dat – Volume, měnové páry	63
Tabulka 49: EUR/USD výsledky in-sample	79
Tabulka 50: EUR/USD výsledky out-of-sample	80
Tabulka 51: Výsledky GBP/AUD	82
Tabulka 52: Výsledky AUD/CHF	83
Tabulka 53: Výsledky AUD/NZD	85
Tabulka 54: Výsledky CAD/JPY	86
Tabulka 55: Výsledek EUR/GBP	87

SEZNAM POUŽITÝCH GRAFŮ

Graf 1: Ukázka funkce příslušnosti typu \wedge	26
Graf 2: Logistický sigmoid a hyperbolický tangens	29
Graf 3: Hodnocení brokerů dle fuzzy logiky	62
Graf 4: SOM topologie volume	65
Graf 5: SOM neighbor distances	66
Graf 6: SOM weight positions	67
Graf 7: SOM sample hits	68
Graf 8: Graf zůstatku EUR/USD in-sample bez filtrování	79
Graf 9: Graf zůstatku EUR/USD in-sample s filtrováním	80
Graf 10: Graf zůstatku EUR/USD out-of-sample bez filtrování	81
Graf 11: Graf zůstatku EUR/USD out-of-sample s filtrováním	81
Graf 12: Graf zůstatku GBP/AUD Out-Of-Sample s filtrováním	83
Graf 13: Zůstatek AUD/CHF Out-Of-Sample s filtrováním	84
Graf 14: Zůstatek AUD/NZD Out-Of-Sample s filtrováním	86
Graf 15: Zůstatek CAD/JPY Out-Of-Sample s filtrováním	87
Graf 16: Zůstatek EUR/GBP Out-Of-Sample s filtrováním	88
Graf 17: Výsledky s filtrováním In-Sample	89
Graf 18: Výsledky s filtrováním Out-Of-Sample	90

SEZNAM POUŽITÝCH VZORCŮ

Rovnice 1: Vzorec pro Open Heiken Ashi	21
Rovnice 2: Vzorec pro Close Heiken Ashi	21
Rovnice 3: Vzorec pro High Heiken Ashi	21
Rovnice 4: Vzorec pro Low Heiken Ashi	22
Rovnice 5: Vzorec pro logistický sigmoid	29
Rovnice 6: Vzorec pro hyperbolický tangens	29

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AOS	automatický obchodní systém
TP	Take Profit
SL	Stop Loss
EUR	Euro
USD	Americký dolar
GBP	Britská libra šterlinků
JPY	Japonský jen
AUD	Australský dolar
NZD	Novozélandský dolar
CAD	Kanadský dolar
CHF	Švýcarský frank
MT4	MetaTrader4
MT5	MetaTrader5
MQL4	MetaQuotes Language 4
MQL5	MetaQuotes Language 5
Forex (FX)	Foreign Exchange trh
SOM	self-organizing map
FANN	Fast Artificial Neural Network Library

SEZNAM PŘÍLOH

- (1) Příloha 1 zdrojový kód pro obě AOS
- (2) Příloha 2 zdrojový kód MATLAB a MATLAB workspace
- (3) Příloha 3 MT4 reporty optimalizace a backtestingu